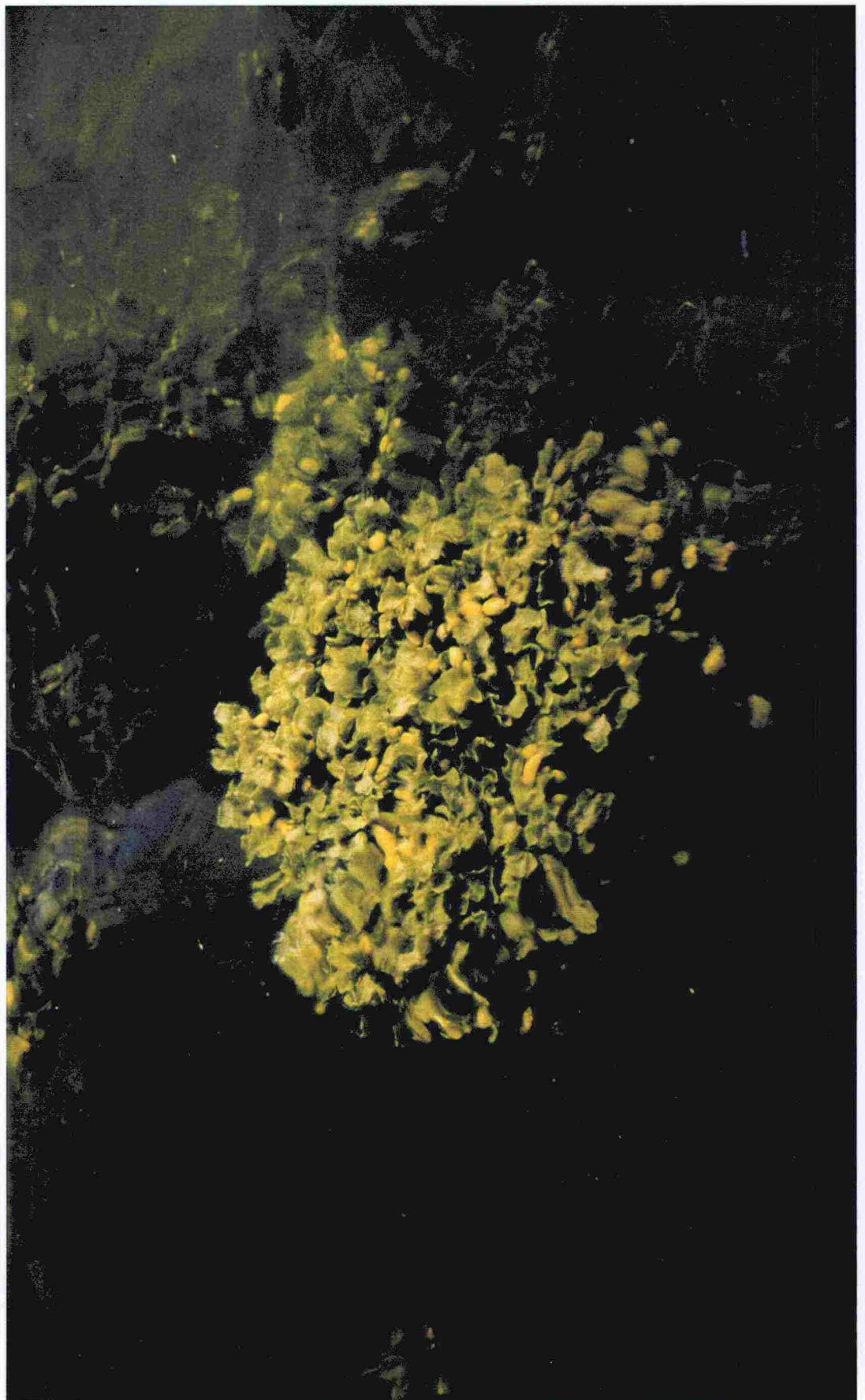




Tielaitos

Marina Ahlskog

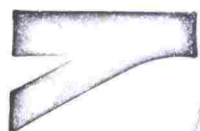
**Tirmo-Pellinki paikallistien 11860 siltojen ja tie-
penkereitten vaikutus vesikasvillisuuteen Pellin-
gin saaristoalueella**



Helsinki 1996

Uudenmaan tiepiiri

08 TIEL/UUD



Tielaitos
Kirjasto

Doknro: 960912
Nidenro: 961200

Marina Ahlskog

**Tirmo-Pellinki paikallistien 11860 siltojen ja
tiepenkereitten vaikutus vesikasvillisuuteen
Pellingin saaristoalueella**

Tielaitos
Uudenmaan tiepiiri

Helsinki 1996

Kansikuva: Marina Ahlskog
"Rakkolevä (*Fucus vesiculosus*) Strömsundetin salmessa"

Tielaitos
Uudenmaan tiepiiri
Opastinsilta 12 B
PL 70
00521 HELSINKI
Puh.vaihde (90) 1487 221

AHLSKOG, Marina: Tirmo-Pellinki paikallistien 11860 siltojen ja tiepenkereitten vaikutus vesikasvillisuuteen Pellingin saaristoalueella, Porvoon mlk.
Helsinki 1996, Uudenmaan tiepiiri.

Asiasanat: kasvillisuus, vesikasvillisuus, tie, ympäristövaikutukset

Yhteenveto

Tirmo-Pellinki paikallistien siltojen ja tiepenkereitten ympärillä Pellingin saaristoalueella Porvoon maalaiskunnassa tehtiin vesikasvillisuuden kartoitus kesällä 1994. Tarkoituksena oli selvittää tienrakennuksen mahdolliset vaikutukset alueen vesikasvillisuuteen. Alustava kartoitus tehtiin alueella ennen tien rakentamista kesällä 1982 linjamenetelmää käyttäen. Linjoja oli silloin 60 kpl. Kartoitus uusittiin kesällä 1994, jolloin aikaisemman kartoituksen linjoista käytiin 39 kpl uudestaan läpi.

Kasvillisuus kartoitettiin 1 m² alueelta 2,5 metrin välein siten, että lajikoostumus ja lajin prosentuaaliset peittävyysdet havainnoitiin. Myös veden syvyys ja pohjan laatu merkittiin muistiin. Linjat vedettiin korkeamman vesikasvillisuuden ulkorajaan asti, jonka takana valon saanti ei enää riitä kasvillisuuden esiintymiselle. Ulkorajalla mitattiin veden näkösyvyys 20 x 20 cm valkoisen levyn avulla. Sedimentin pintatasoa keskivesikorkeuteen nähden mitattiin kuuden linjan kohdalla.

Rannat kierrettiin myös moottoriveneellä ja alueen ruovikot piirrettiin kartoille. Ruovikot tutkittiin tarkemmin joidenkin linjojen kohdalla niin, että versotiehyttä ja versopituutta mitattiin. Mitatut versot leikattiin kahden linjan kohdalla pohjan pintaa myöten, jonka jälkeen ne kuivatettiin ja punnittiin. Tulosten perusteella laskettiin kuivapainot kaikille mitatuille versoille sekä ruovikoiden biomassat (=orgaanisen aineksen määrä/m² kasvukautta kohti).

Tulokset osoittavat, että ruovikot ovat alueella yleisesti voimistuneet. Versot ovat pidemmät, ruovikot ovat tiheimmät ja biomassat paljon suuremmat. Vesirajan tuntumassa kasvaneet pienet vesikasvit, kuten esimerkiksi hapsiluikka, ovat tihenevän ruovikoiden tukehduksina hävinneet kokonaan. Pehmeäpohjaiset lajikkeet kuten tähkä-ärviä ja hapsivita ovat alueella yleistyneet. Kovapohjaisista lajikkeista ovat yksivuotiset levät, lähinnä ravinnerikkaasta vedestä hyötyvät suolilevät, lisääntyneet.

Monimuotoisuus on alueella yleisesti lisääntynyt lukuunottamatta suojaisia umpeenkasvavia rantoja, joissa monimuotoisuus on heikentynyt verrattuna vuoden 1982 tuloksiin. Kasvillisuus on monimuotoisempi Strömsundetin ja Lillgetörsundetin salmissa. Uudet sekä lisääntyneet lajit ovat varsinaisiin vesikasveihin lukeutuvat lajikkeet, jotka eivät aikaisemmin ole pystyneet kasvamaan luonnostaan voimakkaasti virtaavissa salmissa. Tiepenkereen tuoma lisäsuoja on luonut niille paremmat kasvuedellytykset. Monimuotoisuus on alhainen umpeenkasvavassa Backassundetissa, jossa kasvillisuutta dominoivat voimakkaat ruovikot.

Havaintolinjoiden ja ympäristötekijöiden keskinäistä suhdetta tutkittiin käyttämällä DCA järjestysmenetelmää (Detreted Correspondence Analysis). Sekä vuoden 1994 että vuoden 1982 tulokset analysoitiin tällä menetelmällä. Tulosten perusteella voidaan päätellä, että pohjan laatu on kasvillisuuden kannalta erittäin tärkeä tekijä. Kesän 1994 tulosten perusteella jakaantuvat linjat niin, että kovan pohjan linjat muodostavat oman ryhmänsä, mutta sekapohjaisten linjojen muodostama ryhmä on verrattuna vuoteen 1982 siirtynyt pehmeäpohjaisia linjoja kohti. Tämä on seuraus ruovikoiden sekä pehmeäpohjaisten lajien runsastumisesta. Vuonna 1982 muodosti suurin osa linjoista sekapohjaisen ryhmän, josta poikkesivat vain äärimmäiset kovan pohjan ja pehmeän pohjan linjat.

Siltojen ja tiepenkereitten vaikutus alueen vesikasvillisuuteen riippuu mm. alueen avoimuudesta. Suurimmat ovat tien vaikutukset olleet luonnostaan umpeenkasvavassa Backassundetissa, Lillgetörsundetin itäpuolella sekä Strömsundetin itärannoilla. Tiheät ruovikot, runsas päällyskasvusto, paljon kerääntyvää hiukkasmaista ainesta sekä muutoksia lajikoostumuksessa ja lajien peittävydessä ovat osa tienrakennusten lisäsuojan aiheuttamista vaikutuksista.

Sammanfattning

En uppföljande växtkartering i området runt Tirmo-Pellinge skärgårdsväg 11860 utfördes sommaren 1994. Meningen med arbetet var, att utreda broarnas och vägbankarnas effekt på områdets vattenvegetationen. Vägen är dragen över fyra sund, Tullsundet, Lillgetörsundet, Backassundet och Strömsundet. En grundläggande kartering utfördes före vägbygget hade påbörjats sommaren 1982, med hjälp av linjemetoden. Linjernas ursprungliga antal var 60 och vid den uppföljande karteringen undersöktes växtligheten på nytt vid 39 av dessa linjer.

Växtligheten karterades med 2,5 m mellanrum inom en 1 m² ruta så, att arternas sammansättning och procentuella täckningsgrad noterades. Förutom detta noterades även vattendjup och bottenbeskaffenhet. Linjerna drogs ut vinkelrätt från stranden till vattenvegetationens yttre gräns, d.v.s. den gräns bakom vilken ljuset är för svagt för att någon högre vattenvegetationen skall förekomma. Här mättes siktdjupet m. hj. a. en 20 x 20 cm vitskiva.

Sedimentets ytskikt i förhållande till medelvattennivån uppmättes vid sex linjer i området. Strändernas växtlighet karterades även översiktligt och vassbältena ritades in på kartor. Vassen undersöktes noggrannare vid sex linjer så, att stråttäthet och strållängd uppmättes på c. 30 strån längs linjen. De uppmätta stråna skars vid två linjer av vid botten, torkades och vägdes. Med hjälp av regressionsanalys räknades torrvikterna ut för de övriga uppmätta stråna. På basen av detta fastställdes vassens biomassa (=mängden organiskt material som produceras under en växtperiod uttryckt i gram/m²).

Resultaten uppvisar att vassbältena blivit betydligt kraftigare i området. Vassstråna är längre, vassbältena tätare och biomassorna högre. De små fröväxterna (t.ex. dvärgsäv) som i den föregående karteringen noterats i vattenbrynet, har kvävts p.g.a. den tätade vassen och försvunnit. Mjukbottenarter som kraftigt ökat i området var axslinga och borstnate. Av hårbottenarterna

har de ettåriga algerna och då främst alger tillhörande släktet *Enteromorpha* ökat. Dessa gynnas speciellt av höga närsaltshalter i vattnet.

Mångformigheten har ökat allmänt i området, med undantag av de skyddade igenväxande stränderna, där mångformigheten minskat sedan år 1982. En ökad mångformighet är ett tecken på förändringar i strömförhållanden och bottenbeskaffenhet, oftast vid stränder där vegetationen tidigare dominerats av hårbottenarter. En ökad mångformighet är alltså i detta fall en rubbning av växtsamhällets balans och en icke önskad effekt av vägbygget. Detta var fallet i Lillgetörsundet och Strömsundets norra delar, där nya och ökande arter är de som gynnas av det extra skydd som vägbankarna medfört.

Vid mera skyddade stränder inom området, där ett ökat skydd ofta leder till kraftigt tätande vassbälten, har mångformigheten minskat. Detta var fallet inne i det igenväxande Backassundet, som är det av naturen mest skyddade sundet i området. De kraftigt tätande vassbältena har konkurrerat ut den övriga vattenvegetationen, som normalt växer i vattenbrynet, helt.

För att få en uppfattning om arternas och linjernas inbördes förhållande och fördelning och vilka omgivningsfaktorer som eventuellt förorsakat denna fördelning, användes en ordinationsmetod kallad DCA (Detrended Correspondence Analysis). Denna ordnar upp materialet i koordinationssystem, där axlarna står för olika omgivningsfaktorer.

På basen av resultaten från denna analys, kan man utgå ifrån att bottenbeskaffenheten är en mycket viktig faktor ur vattenväxtlighetssynpunkt. Sommaren 1994 fördelades linjerna i ett koordinationssystem så, att hårbottenlinjerna fortfarande bildade sin egen grupp, medan de linjer som sommaren 1982 klassats som blandbottenlinjer hade förflyttats mot mjukbottenlinjerna. Detta är en följd av den ökade vassförekomsten samt av de i övrigt ökande mjukbottenarterna i området. Sommaren 1982 bildade de flesta linjerna en stor blandbottengrupp, från vilken endast de extremt hårbottnade och mjukbottnade linjerna avvek.

Broarnas och vägbankarnas effekt på vattenväxtligheten är beroende av bl. a. områdets öppenhet. De största effekterna av vägen på vattenvegetationen kan skönjas i det av naturen snabbt igenväxande Backassundet, i östra Lillgetörsundet och längs Strömsundets östra stränder. Mycket partikulärt sedimenterande material, grumligt vatten, mycket påväxt på vattenvegetationen i form av ettåriga alger, täta vassbälten och förändringar i artsammansättningen är effekterna av det extra skydd som vägbyggena medfört i Pellinge skärgårdsområde.

Alkusanat

Tirmo-Pellinki paikallistien 11860 rakentamisen vaikutuksia vesikasvillisuuteen on seurattu vuosina 1982 ja 1994. Seuranta on edellyttänyt Länsi-Suomen vesioikeus ja Helsingin vesipiiri. Vuoden 1994 tutkimussuunnitelman on hyväksynyt Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri ja tutkimuksen hyväksyvä viranomainen on Uudenmaan ympäristökeskus. Tutkimuksen on tehnyt fil.yo Marina Ahlskog. Uudenmaan tiepiirissä työstä on vastannut MMK Seija Korhonen. Tutkimuksesta on tehty lisäksi pro gradu-työ Åbo Akademin biologian laitokselle.

Kiitos Porvoon maalaiskunnalle tutkimuksen tekemiseen liittyneestä ystävällisestä avusta.

Helsingissä, maaliskuussa 1996

Uudenmaan tiepiiri

Sisältö

YHTEENVETO	3
SAMMANFATTNING	4
ALKUSANAT	6
1. TUTKIMUKSEN TAUSTA	9
2. RANNIKKOTEIDEN VAIKUTUKSET VESISTÖÖN	9
3. VESIKASVILLISUUS YMPÄRISTÖMUUTOKSIEN INDIKAATTORINA	11
3.1. Yleistä	11
3.2. Järviruoko (<i>Phragmites australis</i>)	12
4. PELLINGIN SAARISTO	15
4.1. Yleistä	15
4.2. Veden ravinnepitoisuudet	16
4.3. Pohjaeläimistö	18
4.4. Kasvillisuus	18
4.4.1. Vesien suurkasvit	18
4.4.2. Rannan vyöhykkeisyys	19
4.4.3. Kovan pohjan kasvillisuus	19
4.4.4. Pehmeän pohjan kasvillisuus	20
4.4.5. Sekapohjan kasvillisuus	21
5. AINEISTO JA MENETELMÄT	22
5.1. Tutkimusalue	22
5.2. Sillat ja tiepenkereet	23
5.3. Kenttätyöt	24
5.4. Aineiston tilastollinen käsittely	26
5.4.1. Lajien monimuotoisuus	26
5.4.2. Linjojen välinen suhde ja ympäristötekijät	27
5.5. Luonnonolot tutkimusvuonna 1994	27
6. TULOKSET	29
6.1. Näkösyvyys	29
6.2. Pohjasedimentin pintataso verrattuna keskivesikorkeuteen	30
6.3. Alueen vesikasvillisuus	31
6.3.1. Lajit	31
6.3.2. Rantojen kasvillisuus	33
6.3.3. Alueen järviruokokasvustot	35

7. VERTAILU VUODEN 1982 TULOSSIIN	37
7.1. Pienemmät näkösyvyydet siltojen ja tiepenkereitten ympärillä	37
7.2. Voimakas sedimentaatio alueen suojaisten rantojen edustalla	37
7.3. Kasvillisuus alueella muuttunut	38
7.3.1. Yleistä	38
7.3.2. Vesikasvillisuus siltojen ja tiepenkereitten ympärillä	39
7.3.3. Alueen järviruokokasvustot voimistuneet	44
7.3.4. Luontaisesti umpeenkasyvät rannat	46
7.4. Tilastolliset menetelmät	49
7.4.1. Lajien monimuotoisuus (=diversiteetti) alueella ..	49
7.4.2. Linjojen välinen suhde ja ympäristötekijät	50
8. TULOSTEN TARKASTELU	53
8.1. Yleistä	53
8.2. Tien vaikutus alueen vesikasvillisuuteen	58
8.3. Huomioon otettavat tekijät saaristoteiden suunnittelussa ..	63
9. KIRJALLISUUS	65
10. LIITTEET	67

1. Tutkimuksen tausta

Tie- ja vesirakennushallitus sai 13.10.1981 Länsi-Suomen vesioikeudelta luvan rakentaa Tirmo-Pellinki paikallistien toteuttamiseen tarvittavat sillat ja tienpenkereet Pellingin saaristoalueella Porvoon maalaiskunnassa. Tie ylittää neljä salmea, joista Tullsundetiin, Backassundetiin sekä Strömsundetiin rakennettiin sillat ja Lillgetörsundetiin tiepenger. Salmien leveys kapeni silta-aukkojen myötä neljännesosaan aikaisemmasta leveydestä. Koska salmet olivat ennestään matalia, ajateltiin vedenvaihdunnan heikkenemisen johtavan lisääntyneeseen orgaanisen aineksen kerrostumiseen. Tämän seurauksena olisi odotettavissa salmialueiden paikallinen rehevöityminen ja umpeenkasvu. Vesioikeuden rakentamisluvassa edellytettiin vesikasvillisuuden seuranta siltojen ja tiepenkereiden läheisyydessä Helsingin vesitoimiston hyväksymällä tavalla. Vesikasvillisuuskartoitus tehtiin kesällä 1982. Sen suorittivat Eija Kemppainen ja Kaarina Seppälä dos. Heikki Toivosen johdolla. Hyväksyessään tutkimussuunnitelman vesipiiri edellytti, että kasvillisuuskartoitus uusitaan kymmenen vuoden kuluttua. Kasvillisuuskartoitus uusittiin kesällä 1994.

2. Rannikkoteiden vaikutukset vesistöön

Saaristoalueiden yhteydet mantereeseen ovat parantuneet huomattavasti viimeisten vuosikymmenten aikana. Suurin osa saaristoalueista on nykyisin yhteydessä mantereeseen puhelin-, sähkö- ja erityisesti tieverkon kautta. Kehitys, joka on tuonut mukanaan monia myönteisiä muutoksia saaristoa-sukkaille, ei ole luonnonsuojelun kannalta ollut kaikin osin myönteistä. Tieverkon laajeneminen saaristoon on johtanut matalien salmien ruoppaamiseen lauttaliikenteelle, salmien sulkemiseen (katkaisemiseen) miltei kokonaan tiepenkereillä ja suhteellisen pienin aukoin varustettujen siltojen rakentamiseen.



Kuva 1. Lillgetörsundetin tiepenger Pellingin saaristossa, Porvoon mlk.

Vaikutukset vesiympäristöön ovat näkyneet lähinnä virtausolosuhteiden, pohjan laadun sekä ravinnepitoisuuksien muutoksina. Nämä puolestaan ovat aiheuttaneet muutoksia kasviplanktonituotannossa, pohjaeläimistössä ja kasviyhdyskunnissa. Luontovaikutukset ovat tietysti riippuvaisia siitä, kuinka laajalti tierakenteet vaikuttavat ympäristöön. Silta, jonka aukot ovat suhteellisen suuret on veden vaihtuvuuden kannalta parempi kuin tiepenger, joka puolestaan estää läpivirtauksen salmissa melkein kokonaan. Tiepenkereitä on rannikkoalueillamme paljon, mm. Pohjanmaan saaristossa (Leppäkoski et al. 1977).

Sillat ja tiepenkereet aiheuttavat muutoksia virtausolosuhteissa. Penkereet tuovat lisäsuojaa samalla kuin silta-aukon myötä kavennetun salmen läpivirtaus voimistuu. Tie- ja siltapenkereiden tuoma lisäsuoja johtaa sedimentoituvan aineksen runsastumiseen. Vedessä olevat partikkelit kerääntyvät pohjille penkereiden lähetyville, johon ajan myötä muodostuu paksu kerros orgaanista ja epäorgaanista ainesta. Tästä seuraa pohjasedimentin happitalouden heikentyminen erityisesti alueilla, jossa tiepenger estää vedenvaihdon kokonaan (Aulio et al. 1992, Westerberg et al. 1980).

Pohjasedimentin hapen väheneminen riippuu myös veden ravinnepitoisuuksista. Lisäksi aiheuttaa voimistunut rantakasvillisuus, joka on seuraus suojaisuuden lisääntymisestä, sedimentoituvan orgaanisen aineksen runsastumisen. Happea kuluttavan aineksen määrä siis kasvaa, jolloin pohjakerrostuman happitalous heikkenee (Aulio et al. 1989).

Pohjaeläimistön lajikoostumus muuttuu tienrakentamisen seurauksena. Alussa hyötyvät tiepenkereen tuomasta lisäsuojasta lajit, jotka viihtyvät vähemmän virtaavassa vedessä. Näihin kuuluvat esimerkiksi itämerensimpukka. Ajan myötä simpukkakanta kuitenkin kärsii epäpuhtauksista, jotka kerääntyvät virtauksien mukana tiepenkereen ympärille. Mitä suojaisempi alue, sitä suurempi on tiepenkereen vaikutus pohjaeläimistöön. Lajikoostumus muuttuu lisääntyvän suojan myötä ja muistuttaa yhä enemmän liejun pettämän merenlahden pohjaeläimistöä, joka lajimäärältään on suhteellisen köyhä (Lithén 1985).

Alueen ekosysteemin kuluttava puoli on köyhtyneen pohjaeläimistön myötä epätasapainossa. Tällaiset alueet ovat enemmän haavoittuvaisia ympäristössä tapahtuviin tilapäisiin häiriöihin (Westerberg 1976).

Siltapenger pienentää salmen leveyttä ja aiheuttaa alueella voimakkaan virtauksen. Hienorakenteinen pohjamateriaali häviää voimakkaiden virtausten mukana ja heikentää pohjaeläinten mahdollisuuksia kiinnittyä pohjaan sekä löytää ravintoa (Westerberg et al. 1980).

Rantakasvillisuus muuttuu lisääntyneen suojan ja sedimentaation myötä. Seisovassa vedessä ja pehmeällä pohjalla viihtyvät lajikkeet kuten esim. järviruoko, sini- sekä merikaisla voimistuvat ja kovan pohjan lajikkeet kuten esim. levät häviävät. Voimistunut kasvillisuus nopeuttaa luonnollisen maankohoamisen seurauksia lisäämällä paikallisesti hajoavien kasviosien määrää. Paikalleen jääneen hajoavan aineksen kerros kasvaa vuosi vuodelta ja muuttaa pohjan laadun liejuksi. Lopulta kohoaa vedenpinnan alla oleva ran-

taosa vedenpinnan yläpuolelle ja kuivuu. Luonnollisen maankohoamisen seuraukset ovat täten lisääntyneen suojan ja sedimentaation myötä voimakkaasti nopeutuneet (Bonsdorff et al. 1984).

Tutkimukset osoittavat että vesikasvien kokonaistuotanto kasvaa alueilla, jossa tiepenger vaikuttaa veden virtausoloihin (Westerberg 1975).

Valon määrä ratkaisee usein sen, miten syvälle kasvillisuus ulottuu. Valon kyky tunkeutua vesimassan läpi riippuu veden partikkelipitoisuudesta. Vedessä olevat partikkelit rannikkoalueella voivat olla esimerkiksi liejupohjista peräisin olevaa ainesta tai kasviplanktonesiintymiä. Kasviplanktonit hyötyvät veden kohonneista ravinnepitoisuuksista ja indikoivat usein veden rehevöitymisen (Kautsky 1993). Sedimentaation runsastuminen aiheuttaa veden sameutumisen, jolloin vesimassan läpi tunkeutuvan valon määrä heikkenee.

Tienrakentaminen voivat rannikkoalueilla jokisuun lähellä aiheuttaa toisenlaisia muutoksia kasviyhdyskunnissa. Pengertie lähellä jokisuuta voi muuttaa makean veden valumasuunnan. Jos makea vesi lisääntyy alueella jossa sitä ei ole aikaisemmin esiintynyt, voivat murtovesilajit kuten merisätkin ja hapsivita kadota. Niiden sijalle ilmestyvät makean veden lajit, kuten esimerkiksi lupukka, pystykeiholehti, osmankäämit yms. (Lampolahti 1991).

3. Vesikasvillisuus ympäristömuutoksien indikaattorina

3.1. Yleistä

Vesikasvillisuus (putkilokasvit, levät ja vesisammaleet) on erittäin luotettava vesiympäristön muutosten indikaattori. Alustaan kiinnittynyt kasvillisuus reagoi voimakkaasti paikallisiin pitkäaikaisiin muutoksiin toisin kuin vapaassa vedessä elävät organismit ja antavat täten luotettavimmat tulokset (Wallentinus 1983).

Vesikasvillisuuden muutosten takana ovat monet tekijät joista mainittakoon veden suolapitoisuus, lämpötila, vedenkorkeuden vaihtelut, ravinne-pitoisuudet, veden sameus, suojaisuus sekä sedimentaatio. Lajit reagoivat muutoksiin eri tavoin. Nopeimmin reagoivat yksivuotiset levät sekä putkilokasveista irtokellujat ja veden alla kasvavat lajit. Monivuotiset ilmaversoiset kasvit kuten järviruoko ja kaislat reagoivat huomattavasti hitaammin (Toivonen 1984).

Vesikasvit ilmentävät kasvupaikkansa ravinteisuutta, ja ne suhtautuvat lisärehevöitymiseen eri tavoin. Kohonneista veden ravinnepitoisuuksista hyötyvät yksivuotiset levät sekä osa putkilokasveista kuten esim. karvalehti, merihaura ja tähkä-ärviä (taulukko 7). Toiset lajit, kuten esim. hapsiluikka ja pikkuluikka, kärsivät. Erityisesti pikkuluikka karttaa kaikenlaista likaantumista. Se ei viihdy kovin runsasravinteisissa vesissä, joissa kookkaammat lajit helposti tukahduttavat sen (Kurimo 1975).

Kasvillisuus reagoi myös virtausolosuhteiden muuttuessa. Virtaavassa vedessä viihtyvät lajit, kuten esim. merisätkin, kärsivät lisääntyneestä suojasta. Toiset lajit jotka viihtyvät suojaisissa paikoissa, kuten esim. hapsivita, lisääntyvät (taulukko 7).

Näkösyvyys pienenee vedessä olevien partikkelien lisääntymisen myötä, jolloin kasvillisuuden valon saanti huononee. Tämä aiheuttaa kasvillisuuden ulkorajan siirtymisen lähemmäksi rantaa matalampaan veteen (Kautsky 1993).

Sedimentaatio nopeutuu vedessä olevan partikkelimäärän lisääntymisen myötä. Nopean voimakkaan sedimentaation myötä muuttuu usein koko kasvivyhdyskunta. Matalat pehmeät pohjat kasvillisuuksineen mm. hapsivita, tähkä-ärviä ja näkinpartaislevät, muuttuvat ruovikonpeittämiksi umpeenkasvaviksi lahdiksi ja kovat pohjat leväkasvillisuuteineen muuttuvat luonteeltaan pehmeiksi pohjiksi (Rönneberg 1986).

Alueen avoimuus on muutosten kannalta erittäin tärkeä tekijä. Mitä suojaisempi alue, sitä todennäköisempi on rantojen umpeenkasvaminen. Vesikasvillisuuden muutokset ovat kuitenkin seuraus monen tekijän yhteisestä vaikutuksesta, joten erillisen tekijän vaikutus voi olla vaikeasti eroteltavissa. Pohjan laatu on kuitenkin yksi tärkeämmistä tekijöistä (Kautsky 1993, Lampolahti 1991) ja voi yleisesti vesikasvillisuuden kannalta olla vielä ratkaisevampi tekijä kuin alueen avoimuus (Lampolahti 1991).

Muutokset kasvillisuudessa ovat havaittavissa kasvien lajikoostumuksessa, peittävytydessä, fysiologisissa muutoksissa (mm. entsyymitoiminnassa) sekä erityisesti järviruo' on versotiheydessä ja biomassassa (Toivonen 1984).

3.2. Järviruoko (*Phragmites australis*)

Järviruoko on umpeenkasvun kannalta erittäin tärkeä. Se viihtyy hyvin seisovassa vedessä pehmeällä pohjalla. Rakentaminen (esim. aallonmurtaja tai tiepenger) joka osittain tai kokonaan estää veden virtaamisen suosii mm. järviruokoa. Myös muut lajit kuten esim. tähkä-ärviä ja hapsivita hyötyvät lisääntyneestä suojasta. Ne eivät kuitenkaan pysty kilpailemaan tihenevän ruovikon kanssa ja siirtyvät joko rannasta ulospäin, jossa ruovikko on harvempaa, tai häviävät kokonaan. Ruovikon reaktio ja tottuminen vesiympäristön muutoksiin kestää noin 4 vuotta (Björndahl & Egnéus 1980).

Alkuperäinen hiekkapohja muuttuu tiheässä ruovikkovyhdyskunnassa noin kolmessa vuodessa liejuksi. Liejupohjien orgaaninen aines sitoo ravinteet ja metallit. Tiheässä ruovikossa ovat pohjasedimentin typpi-, fosfori- ja raskasmetallipitoisuudet 2-10 kertaa suuremmat kuin kasvillisuudeltaan köyhän rannan pohjasedimentissä (Aulio et al. 1989).

Ravinteet ovat kuitenkin ruovikon tuotannon kannalta tärkein tekijä. Järviruoko ottaa tarpeelliset ravinteet sekä pohjamateriaalista että vedestä adventiivijuurien avulla (adventiivijuuret = versosta kasvavat pienet juuret). Jos ravinnepitoisuudet ovat järviruoko' on kannalta tyydyttävät ja alusta ei ole liian kivinen, ei pohjan laadulla ole oleellista merkitystä järviruoko' on tuotannon kannalta. Verson pituus lienee kuitenkin jossain määrin riippuvainen pohjan materiaalista. Eri alustojen vaikutus tutkittaessa versopituuteen osoitettiin, että liejupohjat olisivat verson kasvun kannalta parhaat (Björndahl & Egnéus 1980).

Voimakkaasta ruokoversosta kertyy orgaanista hajoavaa ainesta paljon verrattuna muihin vesikasveihin. Suurin osa tästä aineksesta kerääntyy suojaisuuden lisääntyessä pohjalle ja suo uusille versoille ravinnerikkaan kasvualustan. Versot hyötyvät tästä ja ruovikko tihenee. Tämä taas johtaa suojaisuuden lisääntymiseen, orgaanisen aineksen sedimentaation sekä ravinnon runsastumiseen ja tätä kautta uusiin versoihin. Kiertokulku jatkuu kunnes pohjasedimentti on niin paksua, että se kohoaa vedenpinnan yläpuolelle ja kuivuu. Järviruoko, joka vaatii erittäin kostean kasvualustan, korvaantuu ajan myötä muilla, vähemmän kosteutta vaativilla kasvilajeilla. Rannan maatumisen on täten tiepenkereen lisäsuojan myötä nopeutunut (Aulio 1989).



Kuva 2. Rantojen ruovikot hyötyvät ja voimistuvat pengertien tuomasta lisäsuojasta. Kuvassa ruovikot Lillgetörsundetin tiepenkereen lähetyvillä.

Itämeri elinympäristönä

Itämeri on nuori murtovesiallas jolla on yhteys valtameriin kapeiden ja matalien Tanskan salmien kautta. Murtoveden suolapitoisuus on valtamerta alhaisempi, mutta jokia ja sisävesiä korkeampi. Suolapitoisuus Itämeressä laskee siirryttäessä kauemmas Tanskan salmista. Täten suolapitoisuus Itämeren eteläisissä osissa lähempänä valtamerta on suunnilleen 10 o/oo ja pohjoisosassa Perämerellä suurien jokien valumavesistä johtuen noin 2 o/oo.

Makean veden suolapitoisuus on alle 0,5 o/oo ja valtamerien suolapitoisuus suunnilleen 34 o/oo. Itämeren vesikasvillisuus koostuu näin ollen sekä suolaisen että makean veden lajeista. Varsinaisia suolaisen veden putkilokasveja esiintyy Itämeren pohjoisosissa niukasti. Suurin osa putkilokasveista ovat alunperin makean veden lajeja. Näistä ahvenvita, hapsivita, tähkä-ärviä ja merisätkin esiintyy rannikkoalueellamme suhteellisen runsaasti. Hämmästyttävää on, että vaikka hapsivita ja tähkä-ärviä ovatkin alunperin makean veden lajeja, eivät ne esiinny sisävesissämme lainkaan (Haahtela 1987). Merisätkin, joka myös on alunperin makean veden laji, on pystynyt sopeutumaan erittäin hyvin korkeampiin suolapitoisuuksiin. Havaintoja tästä lajikkeesta on tehty peräti Öresundetin alueella, jossa veden suolapitoisuus on noin 10 o/oo luokkaa (Wallentinus 1979).

Levien suhteen on jakauma suolaisen ja makean veden lajeihin tasaisempi. Karkeasti sanottuna ovat Itämeren rusko- ja punalevät alkuperäisiä merilajeja ja viherlevät makean veden lajeja. Itämeren olosuhteisiin sopeutuneista suolaisen veden levistä mainittakoon monivuotinen rakkolevä, joka on pidetty litoraaliyhteisön pysyvimpänä ja vakaimpana osana. Sen yhteydessä elää suuri joukko äyriäisiä, kotiloita ja muita selkärangattomia sekä pikkukaloja, jotka käyttävät rakkolevää kiinnittymisalustana, suojapaikkana ja ravintona. Pohjoisen Itämeren rannoilla ulottuu rakkolevän muodostama vyöhyke puolesta metristä noin viiden metrin syvyyteen (Salemaa & Kangas 1984).

Itämeri on lajillisesti köyhä meri johtuen lähinnä siitä, etteivät lajit ole kyenneet eikä ehtineet sopeutua nuoreen vesialtaaseen. Itämeren suolapitoisuus on tärkein vesikasvillisuuden rajoittaja. Muut tekijät ovat tärkeysjärjestyksessä pohjan laatu, veden ravinnepitoisuus sekä paikan suojaisuus aallokoilta (Lampolahti 1991).

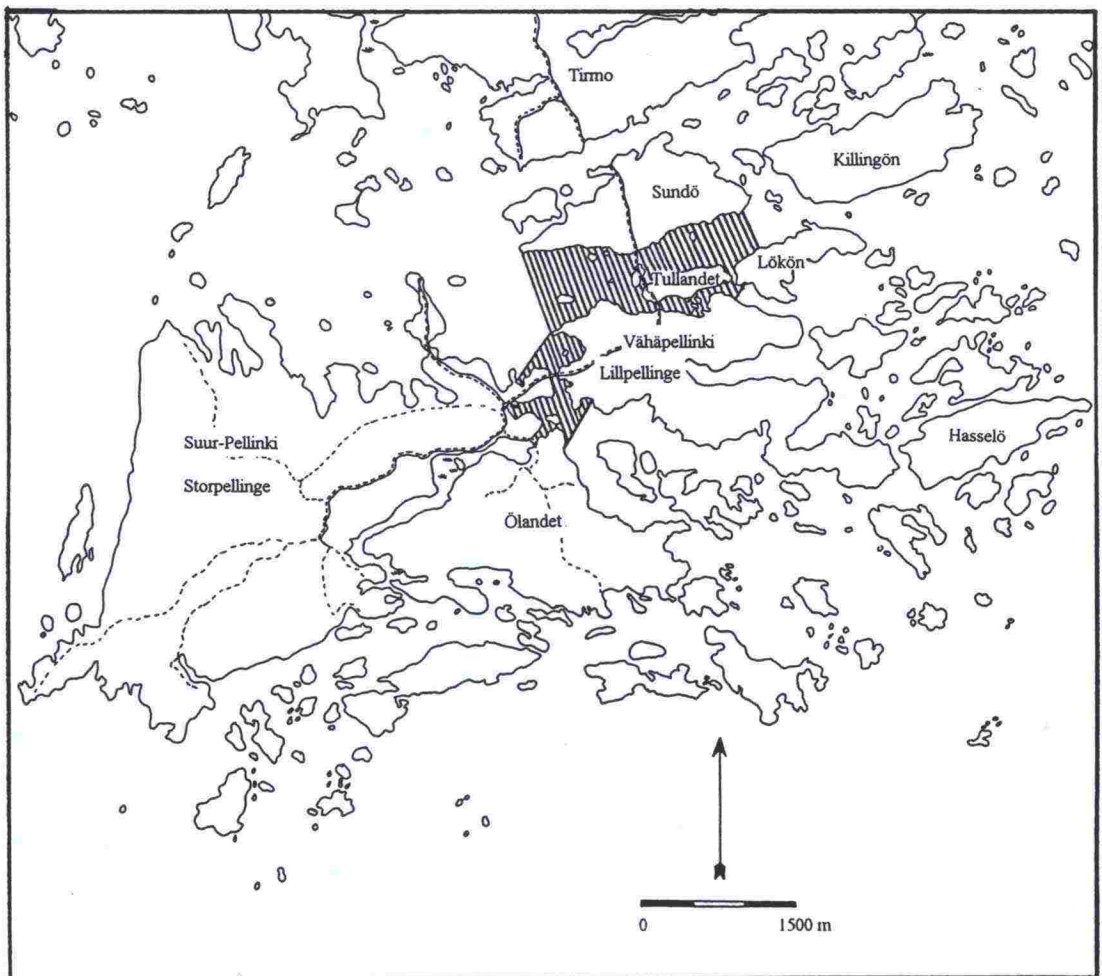
Viime aikoina on puhuttu paljon Itämeren yleisestä rehevöitymisestä. Kohonneet typpi- ja fosforipitoisuudet vedessä yhdessä voimakkaiden leväkukintojen kanssa tukevat väitettä (Puustinen 1990).

Merkittävä osa veden pinnan yläpuolella esiintyvistä Itämeren rantakasveista, kasvavat toisin kuin vedessä olevat lajit, myös suolaisen meriveden rannoilla. Näistä mainittakoon meriasteri lilanvärisine kukkineen, merisuolake, meriratamo, merirannikki ja suola-arho. Vedessä kasvavista ilmaversoisista ruokakasveista kuuluvat merikaisla ja sinikaisla myös tähän ryhmään (Lid 1985).

4. Pellingin saaristo

4.1. Yleistä

Tutkimusalue sijoittuu Pellingin saaristoon Porvoon maalaiskunnassa, noin 30 km Porvoon kaupungista lounaaseen. Saariryhmästä erottuvat suuret saaret nimeltään Sundö, Vähäpellinki, Suurpellinki ja Ölandet joilla on tieyhteys sekä ympärivuotinen kiinteä asutus (kartta 1). Lisäksi kuuluu Pellingin saaristoon lukemattomia pieniä saaria. Kaunis saaristo on suosittu lomailukohde kesällä. Asutus saarilla, joihin ei ole tieyhteyttä, muodostuu lähinnä kesämökeistä ja erityisesti kesäisin on veneliikenne alueella vilkasta.



Kartta 1. Tutkimusalue (varjostettu) sijaitsee Pellingin saaristoalueella Porvoon mlk:ssa, noin 30 km Porvoon kaupungista lounaaseen.

Alueen pääelinkeinot ovat maanviljely sekä kalastus. Lannoitteet ja erityisesti kalanviljelylaitokset rehevöittävät paikallisesti alueen vesiä. Pellingin saaristoalueella sijaitsee tällä hetkellä kuusi kalanviljelylaitosta. Vedenvaihtoa heikentää alueen epätasainen (kynnyksellinen) pohja ja lukuisat saaret (Henriksson & Myllyvirta 1992).

Alue luokitellaan kokonaan sisäsaaristoksi. Saaret ovat isoja, metsänpeittämiä rantaan asti, ja rannat ovat usein tiheään ruovikon reunustamia. Paikoitellen esiintyy myös tuulelle ja aallokoille alttiita rantoja joissa kasvillisuus on niukka. Rannat ovat useimmiten hiekan ja soran peittämät mutta alueella on myös kallio-, savi- ja liejurantoja. Savi- ja erityisesti liejurantojen osuus on alueella runsastunut viime vuosikymmenen aikana.

4.2. Veden ravinnepitoisuudet

Emäsalon edustalla Porvoon maalaiskunnassa on pintaveden kokonaisfosforipitoisuus mitattu 1970-luvun loppupuolelta 1990-luvun puoleen väliin (liite 1). Tulokset osoittavat selvää nousua pintaveden kokonaisfosforipitoisuuksissa näiden kahdenkymmenen vuoden aikana.

Veden typpipitoisuudet eivät osoita samaa suuntausta. Pitoisuudet ovat näiden viidentoista vuoden aikana vaihdelleet, mutta ovat kuitenkin keskimäärin suurin piirtein samat (liite 2).

Kohonneet ravinnepitoisuudet heijastuvat usein planktonlevien perustuotannon lisääntymisenä. Mittaukset Helsingin ja Espoon edustalla näyttävät koHoavaa kehityssuuntaa planktonlevien perustuotannossa 1970-luvun alusta 1980-luvun alkuun, jonka jälkeen arvot ovat laskeneet. Porvoon edustalla ei ollut mitään selvää muutosta havaittavissa samaan aikaan. Sen sijaan Loviisan edustalla on lisäys perustuotannossa ollut nähtävissä. Lisäys, joka ei ole ollut yhtä voimakas kun Helsingin alueella, on lähinnä tapahtunut 1980-luvun aikana (Puustinen 1990). Tulosten eroavuudet voivat ehkä osittain johtua siitä, että Helsingin edustalla on tehty eniten tutkimusta.

Veden ravinnepitoisuudet rannikkoalueilla riippuvat lähinnä jokien valuma-alueesta tulevasta kuormituksesta sekä sääolosuhteista kuten esim. sateet sekä vaihtelevat tuulet ja lämpötilat (Pitkänen et al. 1990). Lisäksi esiintyy paikallista kuormitusta kuten esimerkiksi kalanviljelylaitokset. Myös tiepenkereiden läheisyydessä missä vedenvaihdunta on estetty, voivat ravinnepitoisuudet vedessä olla suuremmat. Tämä on nähtävissä mm. kasviplanktonien perustuotannon kohotuksena (Westerberg 1976).

Pellingin saaristossa sijaitsee tällä hetkellä kuusi kalanviljelylaitosta. Yksi niistä (20 tonnin lohiviljely) sijoittuu tutkimusalueen sisälle (osa-alue B). Laitoksen läheltä sekä Emäsalon eteläpuolelta otetut näytteet heinä- ja elokuussa 1993 antoivat suunnilleen samoja arvoja koskien kokonaistypen ja kokonaisfosforin määrää pintavedessä. Alueen avoimuudesta ja tuuliolosuhteista johtuen on ainakin pintaveden vaihdunta ollut tyydyttävä. Kalanviljelylaitoksen vaikutus alueen vedenlaatuun nähden on tehtyjen tutkimusten perusteella ollut pieni (Kala- ja vesitutkimus 1994). Suolilevän voimakas esiintyminen kesällä 1994 osoittaa kuitenkin että ravinnepitoisuudet vedessä ovat korkeammat juuri täällä. Levä, joka hyötyy veden kohonneista ravinnepitoisuuksista, esiintyi kalanviljelylaitoksen ympärillä paljon runsaammin kuin muualla alueella.



Kuva 3. Tutkimusalueella sijaitsee 20 tonnin lohiviljely Strömsundetin pohjoisosassa (osa-alue B).

Pintaveden fysikaalis-kemiallinen laatu Emäsalon edustalla 4.8.1994 käy ilmi taulukosta 3 (Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri). Edellisessä kartoituksessa käytettiin tämän havaintopisteen fys.-kem. arvot tutkimusalueen vedenlaadun arvioimisessa. Havaintopiste sijoittuu kuitenkin merivyohtykykeeseen rannikkoalueen ulkopuolelle jossa mannermaasta tuleva kuormitus on vähäinen verrattuna sisäiseen saaristoon. Mitatut arvot Pellingin saaristossa Björkholmsfjärdenillä ja Österbyvikenissä (SuurPELLINGIN ja Ölandetin välisen salmen pohjoisosassa) 15.8.1994 vastannee paremmin alueen vedenlaatua (Kala-ja vesitutkimus).

Taulukko 3. Pintaveden fys.-kem. laatu elokuussa 1994 Emäsalon eteläpuolella ja Pellingin saaristoalueella.

Paikka	lämpöt.°C	suolapit.o/oo	pH	Ptot ug/l	Ntot ug/l	O ₂ %
Emäsalo	21,1	4,73	8,6	21	280	113
Björkholmsfj.	19,2	5,1		35	370	88
Österbyviken	19,7			36	580	

Ulkosaaristossa Emäsalon edustalla ovat fosforipitoisuudet alhaisemmat verrattuna Pellingin sisäsaaristoon. Mantereelta tulevan kuormituksen osuus on sisäsaariston tuloksissa selkeästi nähtävissä.

Sisäsaariston veden ravinnepitoisuudet voivat myös paikallisesti erota toisistaan. Matalassa umpeenkasvavassa Österbyvikenissä, jonka rannat ovat tiheään asutuksen peittämät, on rannasta tuleva kuormitus suurempi kuin

avaimella Björkholmsfjärdenillä. Lisäksi aiheuttaa voimakas ranta- ja vesikasvillisuus sekä huono vedenvaihdunta veden korkeat ravinnepitoisuudet. Merkittävään korkeat olivat elokuun typpipitoisuudet. Mainittavaa on kuitenkin että mittaukset on tehty ainoastaan kerran kesän aikana.

4.3. Pohjaeläimistö

Alueen pohjaeläinkanta on suhteellisen köyhä, erityisesti Pellingin saariston suojaisemmillä alueilla, jossa vedenvaihduntaa rajoittavat mm. saaret, jyrkästi ja epätasaisesti nouseva merenpohja rannikkoa kohti sekä jossain määrin rakennetut tiepenkereet. Syvät pohja-alueet, joissa vedenvaihtuvuus on huono, toimivat ns "sedimenttiloukkuina", joihin vedessä olevat partikkelit kerääntyvät. Näillä alueilla voi esimerkiksi kalanviljelylaitoksen kuormitus selvästi näkyä vaikka laitos sijaitsee suhteellisen kaukana syvänteestä.

Pohjaan kerääntyneen orgaanisen aineksen hajoaminen vaatii paljon happea. Pohjat kärsivät usein hapenpuutteesta huonon vedenvaihdunnan seurauksena, joskus vallitsee jopa täydellinen happikato. Pohjaeläinkanta, joka on hapestä riippuvainen pienenee tai häviää kokonaan. Tutkimusalueen pohjaeläimistö on voimakkaasti köyhtynyt osa-alueella B (kartta 2) ja jossain määrin kärsinyt osa-alueella A (Henriksson & Myllyvirta 1992). Näytepisteet alueella A sijoittuvat Tull Sundetin ja Lillgetörsundetin lähetyville, joten Backassundetin pohjaeläinkannasta ei ole tarkempaa tietoa. Olettaa voi kuitenkin ettei pohjaeläinkanta umpeenkasvavassa salmessa ole kovin monimuotoinen.

4.4. Kasvillisuus

4.4.1. Vesien suurkasvit

Vesien suurkasveihin eli makrofyytteihin kuuluvat pysyvästi vedessä kasvavat putkilokasvit, vesisammaleet ja kookkaat levät. Vesien suurkasvit jaetaan tässä raportissa Toivosen 1984 mukaan seuraaviin elomuotoihin ja kasvumuotoihin. Jokaisen muodon kohdalla on mainittu pari esimerkkiä.

A. Vedessä irrallaan kasvavat lajit (pleustofyytit)

1. irtokellujat (lemnidit): - pikkulimaska, kilpukka
2. irtokeijijat (keratofyllidit): - karvalehti, ristilimaska
3. vesisammaleet (bryidit)

B. Alustansa pintaan kiinnittyvät (haptofyytit)

Haptofyyttiset suurlevät ja monet vesisammaleet: - kaikki makrolevät, mm. rakkolevä

C. Pohjaan juurtuvat (ritsofyytit)

1. uposlehtiset (elodeidit): - ahvenvita, tähkä-ärviä, näkinpartaislevät
2. pohjaversoiset (isoetidit): - hapsiluikka,
3. kellulehtiset (nymfeidit): - uplukka, pohjanlumme
4. ilmaversoiset (helofyytit): - järviruoko, sinikaisla, rantaluikka

4.4.2. Rannan vyöhykkeisyys

Merenranta voidaan jakaa vyöhykkeisiin. Rannan ylintä vyöhykettä nimitetään supralitoraaliksi ja se koostuu jatkuvasti veden yläpuolella olevasta rantaosasta. Tämän alapuolella on geolitoraali, jonka muodostaa ranta-alue keskimääräisen vedenpinnan tasosta ylimpään korkean vedenpinnan tasoon. Täällä esiintyvät lajit kestävät sekä veden alle joutumista että pitkäaikaista kuivumista (Hällfors & Niemi 1989). Seuraava vyöhyke on hydrolitoraali jonka muodostaa rantaosa keskimääräisen vedenpinnan tasosta matalampaan vedenpinnan tasoon. Alin vyöhyke on veden jatkuvasti peittämä sublitoraali. Varsinainen ranta tai litoraali koostuu geo- sekä hydrolitoraalisista.

Rantakasvillisuus vaihtelee riippuen mm. rannan alttiudesta tuulelle ja aallokoille sekä pohjan laadusta. Sedimentoituva orgaaninen aines huuhtoutuu avoimilta rannoilta, jossa tuulet ja aallokot ovat voimakkaat. Tämä vaikeuttaa putkilokasvien kiinnittymisen ja ravinnonsaannin. Myös aaltojen aiheuttama mekaaninen kulutus rajoittaa varsinaisten vesikasvien esiintymistä. Tällaisten rantojen kasvillisuus koostuu lähinnä levistä, jotka kiinnittyvät kovaan alustaan "kiinnityslevyllä" ja ottavat ravintonsa suoraan vedestä.

Hienorakenteisen materiaalin kerääntyminen pohjalle nopeutuu lisääntyneen suojan myötä. Sedimentaatio on suojaisten alueiden pohjilla runsasta ja pohjamateriaali koostuu lähinnä savesta ja liejusta. Täällä voivat varsinaiset vesikasvit juurtua ja kasvaa, toisin kuin kovaa alustaa vaativat levät.

Erilaisten rantatyyppien kasvillisuuserojen lisäksi, voivat vaihtelut samalla rantaosalla olla suuret vuodesta toiseen. Vesikasvillisuus riippuu mm. valon, suolapitoisuuksien, lämpötilojen sekä veden ravinnepitoisuuksien vaihteluista. Seuraavaksi esitellään tutkimusalueen erilaiset rantatypit kasvillisuuksiin. Huomioitavaa on, että suuret paikalliset vaihtelut ovat mahdollisia.

4.4.3. Kovan pohjan kasvillisuus

Kovien pohjien kasvillisuus koostuu lähinnä isoista, pohjaan kiinnittyneistä levistä. Nämä muodostavat erilaisia vyöhykkeitä geolitoraalista alas sublitoraaliin (Kuva 4). Geolitoraalin ylimmässä osassa kasvaa jäkälää ja sinilevää.

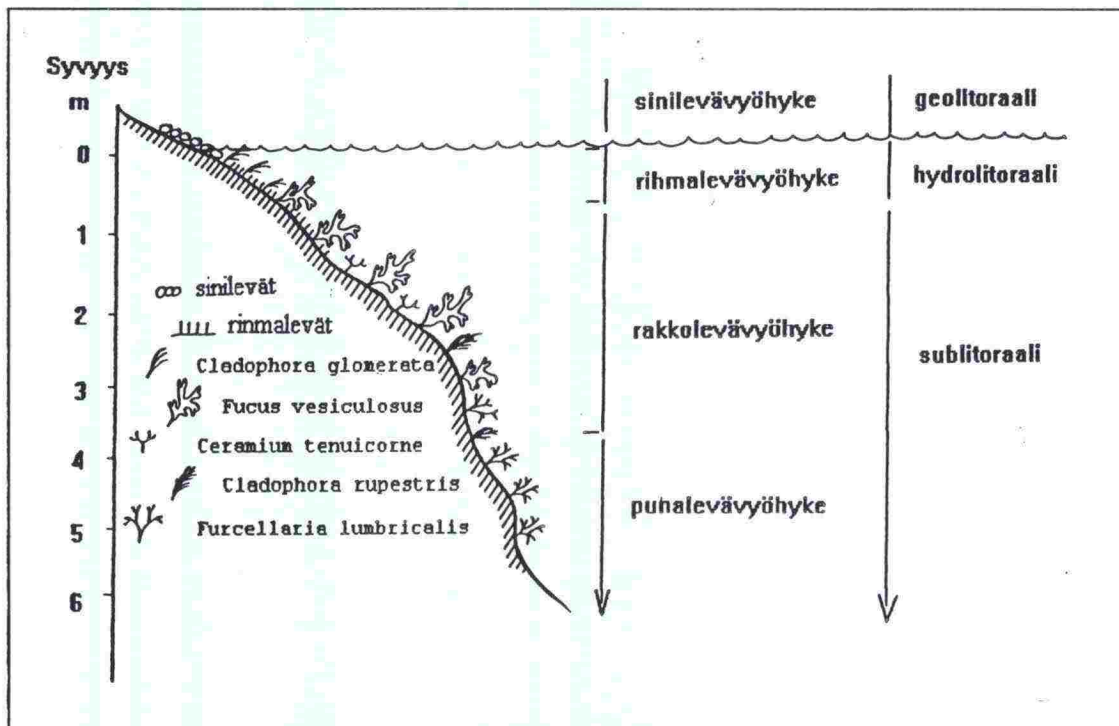
Seuraavassa vyöhykkeessä hydrolitoraalissa 0 - 0,5 m:n syvyydellä esiintyy vuosittain uusiutuva rihmalevävyöhyke, jossa ahdinparta on vallitseva laji keskikesällä (Hällfors & Niemi 1989).

Rihmalevävyöhyke häviää talvella vedenpinnan vaihtelun ja jään kulutuksen ansiosta, uusiutuakseen seuraavana keväänä (Rönneberg 1986). Ahdinparan lisäksi viherlevävyöhykkeessä esiintyy muita leviä, jotka kuuluvat lähinnä Enteromorpha sukuun.

Rakkolevä muodostaa tämän vyöhykkeen alapuolella, 0,5 metristä 2-4 metrin syvyyteen, oman vyöhykkeensä. Rakkolevän seassa ja sen päälyllyskasvustona esiintyy muita ruskoleviä ja punaleviä. Rakkolevävyöhyke muodostaa alustan Itämeren monimuotoisimmalle ekosysteemille. Täällä esiintyy uiskentelevia ja alustaan kiinnittyneitä makroskooppisia eläimiä kuten esi-

merkiksi leväsiira ja sinisimpukka. Kaloista täällä viihtyy esim. ahven ja hau-
ki. Rakkolevävyöhykkeen alapuolella esiintyy erilaisia punaleviä, jotka ovat
sopeutuneet kasvamaan heikossa valossa (Hällfors & Niemi 1989).

Tutkimusalueella noteerattiin koville pohjille tyypillistä kasvillisuutta linjojen
27, 54 ja 55 kohdalla.



Kuva 4. Kovan pohjan kasvillisuusvyöhykkeet.

4.4.4. Pehmeän pohjan kasvillisuus

Tyypillisiä, pehmeän pohjan kasvustoja löytyy sisäsaariston ja rannikkoalu-
een suojaista lahdist ja fladoista. Täällä muodostuu monimuotoinen kasvilli-
suus lähinnä vedessä kasvavista putkilokasveista (Kuva 5). Myös pehmeän
pohjan kasvillisuus on vyöhykkeistä vaikka vyöhykkeet (ainakin tutkimusalu-
eella) eivät aina ole yhtä selvät kuin koville pohjille.

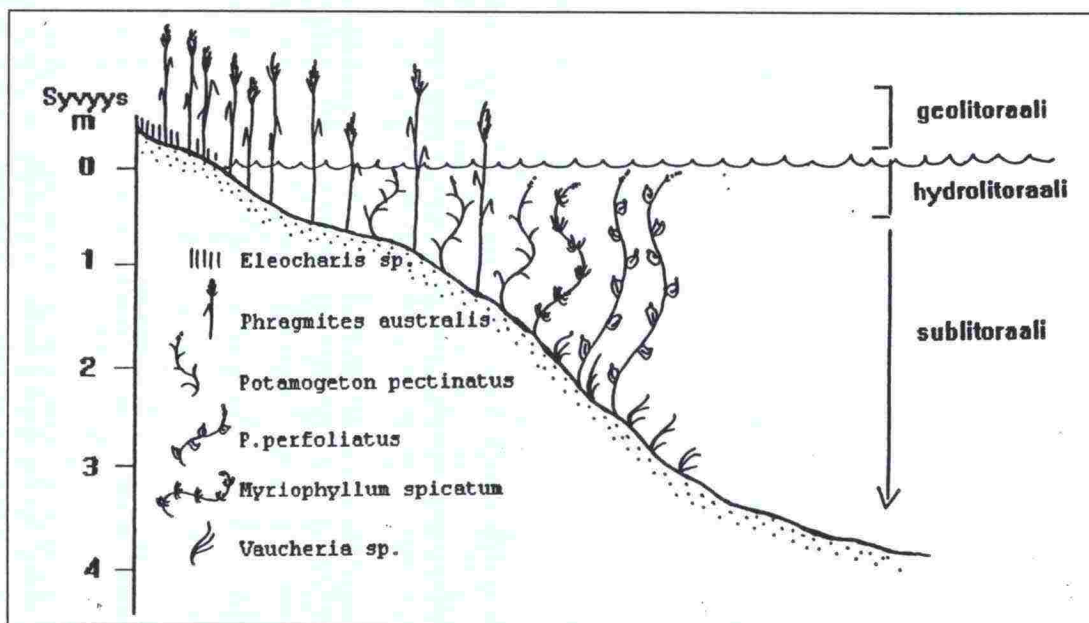
Kasvillisuus vaihtelee vedenpinnan yläpuolella riippuen humuskerroksen
paksuudesta. Kivisellä ja vähähumuisella rannalla ovat meriasteri ja meri-
suolake tyypillisiä kasveja. Kasvillisuus on monipuolisempi humuskerrok-
sen lisääntyessä. Tyypilliset kasvit rannalla jossa on paljon humusta, ovat
esimerkiksi suolavihvilä, meriluikka, rantamatara, luhtalemmikki ja paikoitel-
len rentukka.

Vedenrajan tuntumasta noin puolen metrin syvyyteen kasvavat esimerkiksi
pikkuluikka, hapsiluikka, merihaura ja paikoitellen näkinpartaisleviä. Ruovik-
ko on tosin monin paikoin vedenrajan tuntumassa kasvanut niin tiheäksi, et-
tä kaikki muu kasvillisuus on tukehtunut. Seuraava vyöhyke on varsinainen
järviruokovyöhyke jossa paikoitellen esiintyy järviruon lisäksi merikaislaa ja

sinikaislaa. Ruovikko ulottuu noin 1-2 m:n syvyyteen. Ulospäin siirryttäessä ruovikko harvenee ja vedenalaiset putkilokasvit kuten hapsivita, ahvenvita ja tähkä-ärviä lisääntyvät. Ahvenvita, joka tutkimusalueella kasvoi vedenalaisista putkilokasveista syvimpänä, esiintyi useimmiten noin runsaan kolmen metrin syvyyteen.

Kultalevä *Vaucheria* sp. esiintyy heikosta valosta huolimatta myös ruovikon ulkopuolella, missä se peittää pohjan 1,5 metristä 4 metrin syvyyteen. *Vaucheria* sp. voi oikeiden olosuhteiden vallitessa peittää pohjan paksuna mattona ja estää hapen kulkeutumisen pohjasedimenttiin. Tällaisilla hapettomilla alueilla muodostuu rikkivetyä, H_2S . Kaasukuplat, jotka kerääntyvät *Vaucherian* alle voivat nostaa sen pohjasta vedenpinnalle asti. Tämän seurauksena voi saaristoalueilla varsinkin loppukesästä, joskus nähdä pieniä ylösnousseita *Vaucheria*-mattoja (Lindholm 1991, Munsterhjelm 1987).

Tyypillistä pehmeän pohjan kasvillisuutta esiintyi tutkimusalueella ainoastaan linjan 3, ja osittain linjan 46 kohdalla. Valtaosa pehmeäpohjaisista linjoista olivat tiheän ruovikon peittämät ja rannan tuntumassa kasvaneet pienet putkilokasvit olivat hävinneet. Tällainen oli kasvillisuus linjojen 7, 9, 19, 20, 22, 37, 38 ja 50 kohdalla.



Kuva 5. Pehmeän pohjan kasvillisuusvyöhykkeet.

4.4.5. Sekapohjan kasvillisuus

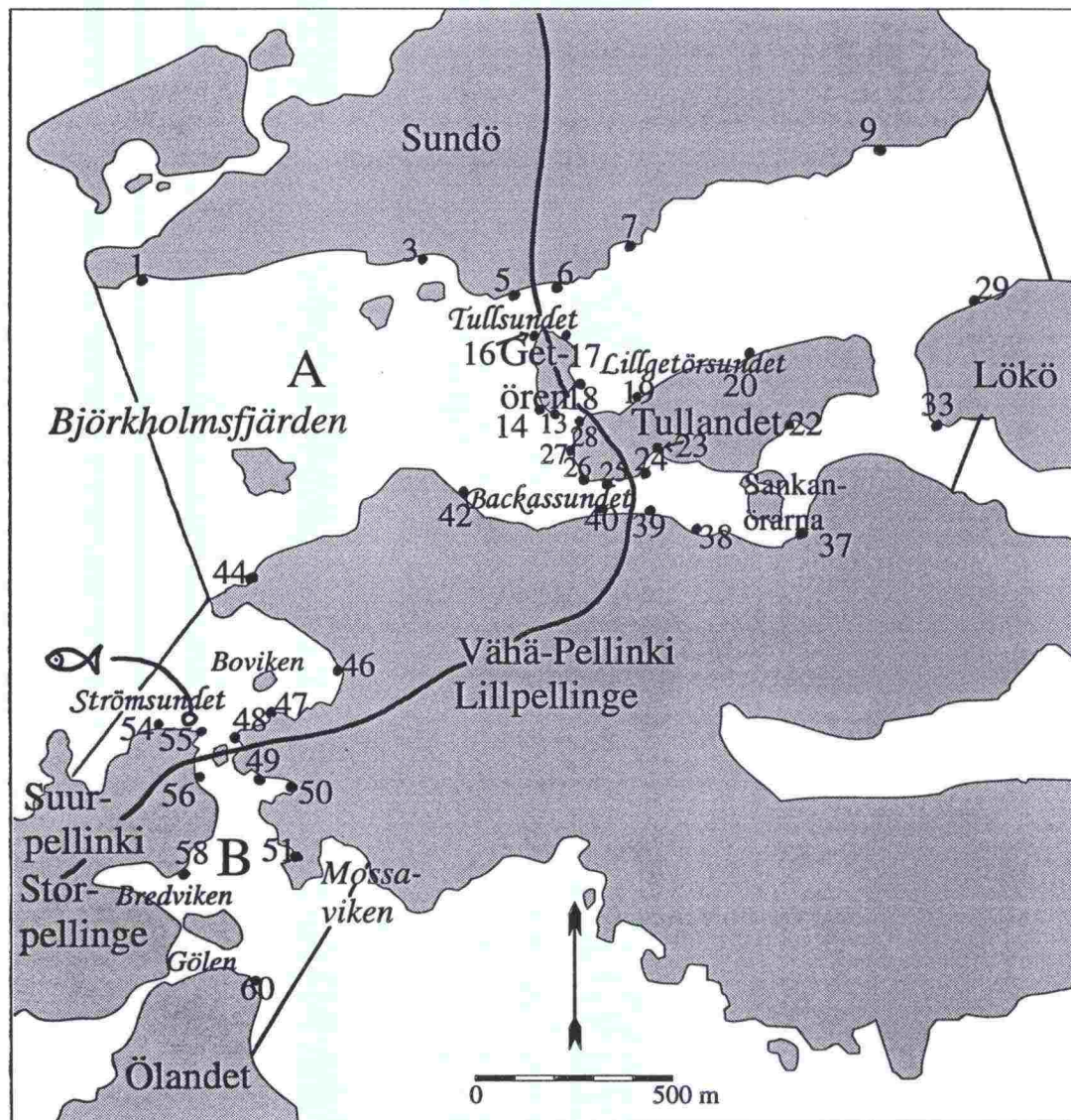
Valtaosa linjoista kuuluvat alueella kuitenkin sekapohjaisten ryhmään, jolloin kasvillisuus koostuu sekä kovien että pehmeäpohjaisten rantojen kasvilajeista. Täällä kasvoivat levät kivien päällä ja putkilokasvit kivien välissä. Ruovikko oli kapeampi ja harvempi kuin pehmeäpohjaisten rantojen edustalla. Tähän rantatyyppiin kuuluivat linjat 1, 5, 6, 13, 14, 17, 18, 26, 28, 29, 33, 39, 40, 51, 58 ja 60.

Alueella on myös sorarantoja jotka ovat erittäin alttiita tuulelle ja aallokoille. Näiden rantojen kohdalla ei ollut järviruokoa lainkaan, vaan kasvillisuus koostui pienistä putkilokasveista ja levistä. Tällaista kasvillisuutta esiintyi linjojen 44, 47 ja 56 kohdalla.

5. Aineisto ja menetelmät

5.1. Tutkimusalue

Tutkimusalue jaettiin osa-alueisiin A ja B (Kartta 2).



Kartta 2. Tutkimusalue linjoiineen. Linjat ovat numeroitu vuoden 1982 karttoituksen mukaisesti.

Alue A ulottuu lännestä Västeruddenistä (Sundö) ja Skräckesnäsuddenistä (Vähä-Pellinki) itään Österuddeniin, Lökööhön sekä Hötervarpetiin. Rannat vaihtelevat tuulelle alttiista kasvillisuusköyhistä sorarannoista suojaisiin, ruovikon peittämiin liejupohjaisiin lahtiin. Voimakkailla tuulilla alttiita rantoja ovat lähinnä alueen länsiosissa, erityisesti Västeruddenilla ja Skräckesnäsuddenilla missä lounaistuulet vaikuttavat eniten. Täällä pohja muodostuu kivistä, kasvillisuus on niukkaa ja ruovikot ovat kapeita tai niitä ei esiinny lainkaan. Alueen suojaisemmissa itäosissa ovat ruovikot tiheämmät ja leveämmät ja kasvillisuus yleensä rehevämpää. Pehmeät pohjat muodostuvat hienorakenteisesta materiaalista kuten savesta ja liejusta. Kapea matala salmialue Vähä-Pellingin ja Tullandetin välillä muodostaa oman erikoisalueensa. Täällä ruovikot ovat tiheät ja luonnollinen umpeenkasvu nopea. Ruovikot niitetään tasaisin välein jotta salmi pysyisi auki veneliikenteelle.

Alueeseen B kuuluu Strömsundet ympäristöineen pohjoisesta Bovikenistä (Vähä-Pellinki) eteläiseen Mossavikeniin ja Grankullaan (Suurpellinki). Sillan ympärillä olevat rannat Strömsundetissä ovat lähinnä kivi- ja kalliorantoja. Varsinaisia pehmeäpohjaisia rantoja löytyvät alueen lahdissa Bovikenissä, Bredvikenissä, Mossavikenissä ja Gölenissä. Tuulelle alttiit ovat rannat Strömsnåsetin pohjoispuolella sekä Gölenin eteläpuolella. Kalanviljelylaitos sijaitsee SuurPELLINGIN puolella salmen pohjoisosassa. Yhteenlaskettu ranta-
viiva alueella A on noin 11,5 km ja alueella B 4,4 km.

5.2. Sillat ja tiepenkereet

Salmien leveydet veden ollessa keskivedenkorkeudessa kohtisuoraan virransuuntaa vastaan mitattuna, olivat siltojen ja tiepenkereitten rakentamispaikoilla Tullsundetissä 130 m, Lillgetörsundetissä 50 m, Backassundetissä 60 m ja Strömsundetissä 60 m (Toivonen et al. 1982).

Siltojen vapaa-aukot ovat normaalivedentasossa seuraavat: Tullsundet 43m, Backassundet 18,5 m, Strömsundet 22,5 m. Luiskien kaltevuus kaventaa siltojen aukkoja kaltevuuden 1:1,5 mukaisesti. Lillgetörsundetin yli menevä tien pengeri on varustettu rummulla jonka läpimitta on 1,8 m. Strömsundetin itäpuoleinen pitkä pengeri on varustettu rummulla jonka läpimitta on 1,2 m.

Siltapenkereet muuttaa virtaavan veden poikkileikkauspinta-alaa tason $N_{60}-0,03$ alla olevan tielinjan kohdalla seuraavasti: Tullsundetissä 600 m²:stä hieman yli 100 m²:in, Lillgetörsundetissä 105 m²:stä 2,5 m²:in, Backassundetissä 130 m²:stä 44 m²:in ja Strömsundetissä 200 m²:stä 83,5 m²:in.

5.3. Kenttätöyt

Kenttätöyt tehtiin 14.7 - 26.8.1994 välisenä aikana. Rantojen kasvillisuuden yleisen kartoituksen ohella kiinnitettiin erityistä huomiota rantojen umpeenkasvun kannalta tärkeään järviruokoon. Tarkempi kartoitus ranta- ja vesikasvillisuudesta tehtiin linjamenetelmää käyttäen. Linjat vedettiin rannasta kohti suoraan veteen vesikasvillisuuden ulkorajaan. Edellisen kartoituksen linjoista käytiin 39 uudestaan läpi (Kartta 2). Näistä sijoittuvat 28 kpl alueelle A ja 11 kpl alueelle B. Linjat ovat tiheimmät siltojen ja tiepenkereiden ympärillä ja harvenevat siirryttäessä niistä pois päin.

Vertailulinjoina käytettiin ne jotka sijaitsevat alueen reunoissa siltojen ja tienpenkereiden vaikutusalueen ulkopuolella. Alueella A edustavat linjat no. 1 ja 44 koviin pohjien kasvillisuutta, no. 29 sekapohjankasvustoa ja no. 9 pehmeän pohjan kasvillisuutta. Alueella B käytettiin tarkistuspisteinä no. 60, joka on tuulelle altis kovan pohjan ranta ja no. 51, joka on sekapohjainen pieni lahti. Molemmat sijoittuvat kalaviljelylaitoksen takia alueen eteläosaan.

Linjakartoituksen apuvälineenä käytettiin 2,5 metrin välein merkitty köysi. Jokaisen merkin kohdalla noteerattiin syvyys, pohjan laatu sekä kasvillisuuden lajikoostumus. Kasvien prosentuaalinen peittävyys arvioitiin 1 m²:n ruudun osalta osoittavalla 7-asteikolla:

- + = esiintyy hyvin niukkana
- 1 = < 10 %
- 2 = 10 - 29 %
- 3 = 30 - 49 %
- 4 = 50 - 59 %
- 5 = 60 - 79 %
- 6 = 80 - 94 %
- 7 = 95 - 100 %

Veden näkösyvyyttä mitattiin linjojen ulkoreunalta missä korkeampaa vesikasvillisuutta ei enää esiintynyt. Mittausvälineenä käytettiin 20 x 20 cm suuruista valkeaa levyä. Levy, joka oli kiinni merkityssä köydessä, upotettiin veteen. Syvyys, jossa levyä ei enää nähty, kirjattiin veden näkösyvyydeksi. Tämän lisäksi teki Tielaitos mittauksia pohjasedimentin pintatasosta verrattuna keskivedenkorkeuteen kesällä 1982 sekä 1994 linjojen 7, 18, 21, 23, 49 ja 56 kohdalla.



Kuva 6. Kenttätöissä käytetty vene varustuksineen.

Kenttätöitä selvitettiin rannan tuntumassa kahluusaappaita ja puutarhaharavaa käyttäen. Työt tehtiin syvemmällä vesillä veneestä vesikiikarien ja Lutherharavan avulla. Linjojen suunta ja tarkka sijainti selvitettiin kartan ja kompassin avulla. Kaikki linjat valokuvattiin tavallista värifilmiä käyttäen. Kasvit määritettiin paikan päällä niin pitkälle kuin mahdollista. Vaikeasti määritettävät lajit säilöttiin 4 % formaliiniliuoksessa ja määritettiin myöhemmin laboratoriossa. Nimityksessä käytetään putkilokasvien osalta Lid (1985) ja levien osalta Nielsen et al. (1995).

Ruovikot linjojen 7, 37, 38, 46, 51 ja 58 osalta tutkittiin tarkemmin. Järviruo'on **versopituutta** mitattiin senttimetrin tarkkuudella ainakin 30 version kohdalta (lukuunottamatta linjaa 38) tasaisin välein rannasta kohtisuoraan ulospäin ruovikon ulkorajaan asti. Kasvusyvyys merkittiin jokaisen ruo'on kohdalta muistiin.

Versotihyyttä selvitettiin samojen linjojen kohdalta käyttäen 0,5 x 0,5 m kehystä (0,25 m²) jonka sisällä kaikki versot laskettiin. Kehys sijoitettiin ruovikon paksuudesta riippuen järjestelmällisesti joka kolmannen, neljännen, viidennen tms. mitatun version kohdalle. Kasvustoa kohden tehtiin ainakin 7 ruutua (enintään 12 ruutua). Ilmaversion pituus mitattiin fertiilien korsien osalta röyhyn kärkeen ja steriilien osalta ylimmän lehden tupen yläreunaan.

Järviruo'on **biomassaa** selvitettiin leikkaamalla mitatut ruokojen korret kahdelta linjalta (7 ja 58) pohjan pintaa myöten. Korret kuivatettiin uunissa ensin 1 vrk 40°C ja sitten 2 vrk 70°C jonka jälkeen ne punnittiin. Kuivapainojen perusteella (n = 61) laskettiin kuivapainot kaikille mitatuille korsille regressioanalyysiä käyttäen. Tulokset olivat verrattavissa edellisen kartoituksen tuloksiin.

5.4. Aineiston tilastollinen käsittely

5.4.1. Lajien monimuotoisuus

Ekologisten tutkimuksien mm. kasvikartoitusten yhteydessä pyritään lajien monimuotoisuus (=diversiteettiä) alueella arvioimaan erilaisten monimuotoisuusindeksien avulla. Täten saavutettu tieto antaa karkean kuvan alueen oloista. Monimuotoisuus koostuu lajien totaalisesta määrästä (lajirikkaus) ja miten niiden peittävyys jakaantuu keskenään (tasaisuus). Yhdyskunta, joka koostuu kymmenestä lajista ja jossa yksi laji peittää 90 % alusta ja loput 10 % jakaantuvat muiden yhdeksän lajien kesken, on erittäin epätasainen. Jos sen sijaan jokainen näistä kymmenestä lajeista peittäisi 10 % alustastaan olisi tasaisuus suurin mahdollinen.

Monimuotoisuus lasketaan erilaisten matemaattisten kaavojen avulla. Tämän menetelmän huono puoli on se, että kombinaatio lajeista ja niiden peittävyydestä keskenään voivat antaa saman tuloksen vaikka alkuperäiset materiaalit eroavat toisistaan. Jos lajien määrä on alhaisempi mutta peittävyys on tasainen, voi tulos olla sama kuin jos lajien määrä on korkea mutta peittävyys lajien kesken on epätasaisempi. Täten näiden laskelmien tuloksiin täytyy suhtautua kriittisesti ja antavat ainoastaan yleisen kuvan alueen oloista.

Monimuotoisuusindeksi joka yleisesti on käytetty ekologisissa yhteyksissä on Shannonin indeksi (H') joka mittaa "epävarmuutta" ennustaessa mihin lajiin (S*) umpimähkään poimittu yksilö (N) kuuluu. Tämä tarkoittaa että H' on yhtä kuin nolla (0) vain silloin kuin ryhmä koostuu ainoastaan yhdestä lajista ja H' on maksimaalia silloin kuin lajeja on enemmän ja ne jakaantuvat tasaisesti keskenään (= yksilömäärät ovat samat). Shannonin indeksin matemaattinen kaava

$$\text{Shannonin indeksi, } H' = - \sum_{i=1}^{s^*} (p_i \ln p_i)$$

jossa H' on lajien keskimääräinen epävarmuus tietyssä materiaalissa joka koostuu S^* lajeista, joiden keskimääräinen runsaus $p_1, p_2, p_3, \dots, p_{S^*}$ tiedetään. S^* ja p_i ovat populaatioon liittyvät parametrit ja käytännössä arvioidaan tietyn materiaalin H' :ta kaavalla

$$H' = - \sum_{i=1}^S [(n_i/n) \ln (n_i/n)]$$

jossa n_i on tiettyyn lajiin i :n kuuluvien yksilöiden määrä S lajeista ja n on koko materiaalin yksilömäärä (Shannon & Weaver 1963).

Linjat siltojen ja tienpenkereitten ympärillä tutkimusalueella yhdistettiin neljään suurempaan ryhmään. Nämä koostuivat a) Tullisundetin b) Lillgetörsundetin c) Backasundetin ja d) Strömsundetin ympärillä olevista linjoista. Näiden neljän yksikköjen monimuotoisuus laskettiin käyttämällä Shannonin ideksiä. Viime kartoituksen potentiaalisen vaikutusalueen linjat yhdistettiin myös (jokaisen salmen linjat erikseen) ja alueiden diversiteettiä (=monimuotoisuutta) laskettiin. Alue A:n referenssilinjat yhdistettiin samoin kuin alue B:n, jonka jälkeen niiden monimuotoisuus laskettiin. Edellisen kartoituksen materiaalia käsiteltiin samalla tavalla jonka jälkeen tulokset olivat verrattavissa keskenään.

5.4.2. Linjojen välinen suhde ja ympäristötekijät

Kasvien ja niiden perusteella linjojen väliset suhteet selvitettiin käyttämällä järjestysmenetelmää nimeltä DCA (Detrended Correspondence Analysis). Tämä järjestää materiaalin, ensin lajit ja niiden perusteella linjat, koordinaattisysteemeihin missä lajien ja linjojen jakaantuma koordinoituu x- ja y-akselien kanssa. Mikäli korrelaatio esim. kasvilajien ja x-akselin välillä on tarpeeksi suuri, voi lajien jakaantumaa perusteella karkeasti arvioida mikä tekijä on aiheuttanut jakaantumaa, toisin sanoen mitä akselit tarkoittavat. Esimerkiksi jos rakkolevä sijoittuu akselin toiseen päähän ja hapsivita toiseen, on todennäköisesti pohjan laatu ollut ratkaisevana tekijänä. Tämän jälkeen on myös mahdollista kokeilla erilaisten ympäristötekijöiden vaikutus jakaantumaa (esim. näkösyvyys, pohjan laatu, linjan pituus jne).

Kartoituksen 1982 sekä 1994 tulokset analysoitiin käyttäen tätä menetelmää. Jotta tulos olisi luotettavampi jätettiin ne lajit pois joista havaintoja oli vain yksi. Yksittäiset havainnot voivat liian voimakkaasti vaikuttaa jakaantumaa (Hill & Gauch 1980).

5.5. Luonnonolot tutkimusvuonna 1994

Talvi 1993-1994 oli suhteellisen normaali. Lumi peitti maan marraskuun puolesta välistä toukokuun puoleen väliin (Vesi- ja ymp.hallitus). Jääpeite oli tavallista paksumpi ja kesti marraskuun puolesta välistä toukokuun alkuun. Huhtikuusta toukokuun puoleen väliin sää oli kuiva ja lämmin, jonka jälkeen ilma viileni niin, että toukokuun loppuosa ja koko kesäkuu oli tavallista kylmempi. Viileä alkukesä heijastui kasvillisuuteen joka kehittyi hitaasti.

Kesän edetessä ilmat lämpenivät. Heinäkuussa jolloin kenttätöitä aloitettiin oli sää erittäin kuiva ja kuuma ja vedenkorkeus alhainen (taulukko 1). Veden lämpötila oli noin 19°C. Lämpimän sään jatkuessa veden lämpötila nousi ja oli heinäkuun lopussa 22-23°C (mittaukset tehtiin venelaiturin uloimmasta pisteestä Backassundetissä). Elokuu jatkui samalla tavalla ja ilman lämpötilat olivat suunnilleen 27°C. Kuukauden puolessa välissä sää kuitenkin viileni ja alkoi sataa vettä. Veden lämpötila laski tasaisesti ja oli kenttätöiden viimeisinä päivinä elokuussa noin 16°C. Syys- ja lokakuussa sää oli kylmä ja sateinen (taulukko 2).

Taulukko 1. Meriveden korkeusarvot kenttätöiden aikana heinä-elokuussa 1994 (MW = veden kesikorkeus)

Meriveden korkeus	Vuorokausien määrä
MW yli + 20 cm	-
MW + 10..20 cm	1
MW + 0..10 cm	1
MW - 0..10 cm	8
MW - 10..20 cm	12

Heinäkuu ja elokuun alkupuoli 1994 oli erittäin kuiva ja lämmin ja vedenkorkeudet alueella alhaiset. Kenttätöiden aikana oli vedenkorkeus yli puolet ajasta 10 - 20 cm keskimääräistä alhaisempi, jolloin vesiraja etenkin suojaisten lahtien loivilla rannoilla siirtyy usealla metrillä.

Pitkäaikaiset matalat vedenkorkeudet vaikuttavat kasvillisuuteen siten, että osa tavallisesti veden peittämästä kasvillisuudesta kuivuu. Tilalle kasvaa muita kostean maapinnan kasveja, jotka yleensä esiintyvät ylempänä rannoilla.

Taulukko 2. Ilman keskilämpötilat (°C) kesällä 1993 ja 1994 mitattu Kotkan Ranköellä (Ilmailutieteen laitoksen statistiikka).

Vuosi	toukokuu	kesäkuu	heinäkuu	elokuu	syyskuu
1993	1,2	12,0	15,5	14,7	8,4
1994	8,0	12,0	18,8	16,9	12,3

Kesä 1993 oli kylmä. Tämä vaikuttaa monivuotisiin kasveihin kuten esimerkiksi järviruokoon, joka kasvukaudella tuottaa uusia versoja ja kerää ravintoa säästön tulevaa talvea varten. Jos edellinen kesä on ollut kylmä kehittyvä ruovikko hitaammin seuraavana kesänä (Björndahl & Egnéus 1980).

Lounaistuulet ovat alueella vallitsevat. Tuulen keskinopeus kesäkuukausina on suunnilleen 4,5 m/s.

6. Tulokset

6.1. Näkösyvyys

Tutkimusalueen paras näkösyvyys 320 cm mitattiin vertailulinjana käytetyn linja 1 kohdalla (taulukko 3). Linja sijaitsee Sundön länsiosassa, jonka ranta on tutkimusalueen rannoista eniten altis tuulelle ja aallokoille. Umpeenkas-
vavan Backassundetin salmen itäosassa mitattiin alueen pienin näkösyvyys,
135 cm, linja 22 kohdalla. Täällä ovat tuulet ja aallokot alueen heikoimmat,
sedimentaatio suhteellisen nopea ja rantojen pohjakerrostuma koostuu hiuk-
kamaisen aineksen muodostamasta liejusta.

Taulukko 3. Tutkimusalueella mitatut näkösyvyydet heinä-elokuussa 1994.

Linja	Näkösyv. (cm)	Linja	Näkösyv. (cm)	Linja	Näkösyv. (cm)
1	320	22	135	42	175
3	280	23	165	44	310
5	220	24	155	46	220
6	200	25	250	47	235
7	240	26	250	48	270
9	260	27	260	49	240
13	190	28	180	50	190
14	280	29	290	51	205
16	220	33	210	54	250
17	200	37	syvyys 90 cm	55	280
18	200	38	150	56	310
19	190	39	210	58	245
20	235	40	220	60	280

Näkösyvyydet ovat Alue A:n vertailulinjojen kohdalla (linjat 1, 44) hieman pa-
remmat alueen länsiosassa, joka on enemmän altis vallitseville lounastuulil-
le. Alueen itäosa on suojaisempi (linjat 9, 29).

Näkösyvyydet Tullsundetin salmessa pienenevät siltaa kohti ja ovat sillan
ympäriällä pienimmät. Tämä näkyy selkeästi ylläolevassa taulukossa. Siltaa
ympäröivien linjojen (5,6,16,17) näkösyvyydet ovat suunnilleen 200 cm luok-
kaa. Siirryttäessä sillasta pois päin näkösyvyydet paranevat, myös suojaisilla
rantaosilla (linja 3 ja 7). Näkösyvyydet ovat hieman paremmat sillan länsi-
puolella, joka on enemmän altis tuulelle ja aallokoille.

Lillgetörsundetin tiepenger sulkee salmen miltei kokonaan. Näkösyvyydet
ovat penkereen ympärillä hieman pienemmät verrattuna Tullsundetiin. Toisin
kuin Tullsundetissä, ovat näkösyvyydet paremmat penkereen itäpuolella (lin-
jat 13, 28 ja 18, 19). Tämä johtuu todennäköisesti alueen vallitsevista lou-
naistuulista, jonka ansiosta veden mukana kulkeutuva hiukkamainen aines
kerääntyy penkereen länsipuolelle ja samentaa vettä. Näkösyvyydet ovat
täällä salmen länsiosassa vajaan metrin verran huonommat kuin lähellä ole-

vien Tullsundetin ja Getörenin länsirantojen kohdalla. Kuten Tullsundetissä paranevat näkösyvyydet siirryttäessä tiepenkereestä poispäin (linjat 14, 27 ja 20) ja ovat hieman paremmat salmen länsiosassa.

Backassundet on alueen salmista suojaisin tuulelta ja aallokolta. Silta sijoittuu salmen länsiosaan. Sillan länsipuolella ovat näkösyvyydet varsin hyvät (linjat 25, 26 ja 40), jopa paremmat kuin Tullsundetin sillan länsipuolella.

Sillan itäpuolella ovat asiat toisin. Sankanörarna saariryhmän ja sillan välinen salmialue on kokonaan riippuvainen sillan alta salmeen kulkeutuvasta vedestä. Tämä näkyy myös tuloksissa. Sillan itäpuolella ovat näkösyvyydet huomattavasti pienemmät (linjat 23, 24 ja 38) verrattuna sillan länsipuoleeseen alueeseen. Erot sillan länsi- ja itäpuoleisissa näkösyvyksissä ovat tutkimusalueen suurimmat.

Backassundetin salmessa sijaitsevan Sankanörarnan saariryhmän itäpuoleinen alue on luonnostaan erittäin suojainen ja vedenvaihtuvuus heikko. Sillan vaikutus ei ulotu tänne. Täällä mitattiin koko tutkimusalueen pienin näkösyvyys 135 cm linja 23 kohdalla.

Strömsundetin salmen ympäröivä alue on avoin ja virtaukset salmessa voimakkaat. Hiukkamaisen aineksen kerääntyminen on täten mitätön ja rannat ovat lähinnä kalliorantoja. Tämä vaikuttaa myös näkösyvyyn, jotka toisin kuin muitten salmien kohdalla ovat parhaimmat sillan välittömässä läheisyydessä. Strömsundetin sillan ympärillä ovat näkösyvyydet hyvät, sekä pohjois- että eteläpuolella. Sillan pohjoispuolella ovat näkösyvyydet hieman paremmat Suorpellingin puolella (linjat 47, 48 ja 54, 55), vaikka kalanviljelylaitos sijoittuukin juuri tähän. Näkösyvyydet ovat myös eteläpuolella lähellä siltaa hyvät (linjat 49 ja 56).

Näkösyvyydet pienenevät siirryttäessä sillasta poispäin, missä alueen suojaisemmat rannat sijaitsevat. Sillan eteläpuolella ovat näkösyvyydet Vähä-Pellingin puoleisessa pienessä umpeenkasvavassa lahdessa huomattavasti pienemmät (linja 50) sillan ympärillä oleviin verrattuna. Myös Bovikenissä, alueen pohjoisosaan sijaitsevassa suuressa lahdessa, ovat näkösyvyydet pienemmät kuin itse salmessa.

Vertailulinja 60 kohdalla, jossa ranta on altis tuulelle ja aallokoille, oli näkösyvyys suunnilleen sama kuin itse salmessa. Toisen vertailulinjan 51 kohdalla, joka sijaitsee pienessä lahdessa Vähä-Pellinkin länsirannalla, oli näkösyvyys suhteellisen vähäinen.

6.2. Pohjasedimentin pintataso verrattuna keskivesikorkeuteen

Pohjasedimentin pintataso suhteessa keskivesikorkeuteen mitattiin tutkimusalueella kesällä 1994. Mittaukset suoritettiin Uudenmaan tiepiiri.

Taulukko 4. Pohjasedimentin pintataso suhteessa keskivesikorkeuteen tutkimusalueen mitattujen linjojen kohdalla.

23.7.1994 (MW = h = -0,11)							
	Linja 7	Linja 8	Linja 21	Linja 23	Linja 38	Linja 49	Linja 56
10 m - h	-0,84 m	-1,77 m	-1,25 m	-1,33 m	-0,80 m	-2,09 m	-5,09 m
20 m - h	-1,33 m	-2,57 m	-2,12 m	-1,78 m	-1,11 m	-2,90 m	
30 m - h	-2,40 m	-3,05 m	-2,68 m	-2,23 m	-1,47 m	-3,07 m	
40 m - h	-3,30 m	-3,28 m	-2,66 m	-2,68 m	-1,87 m	-3,17 m	
50 m - h	-4,47 m	-3,40 m	-2,53 m	-3,09			

MW on lyhennys Mean Waterlevel:istä ja tarkoittaa tässä tapauksessa vedenpinnan korkeutta keskivesikorkeuteen nähden. Vedenpinta on mittauspäivänä ollut 11 cm keskimääräistä alhaisempi. Tämä on kuitenkin laskettu tuloksissa automaattisesti pois.

Tulokset osoittavat selkeästi, miten loivia alueen pehmeäpohjaiset, suojaiset rannat ovat (linja 7 ja 38). Matalat vesisyvyydet johtuvat vedessä olevista hiukkasista ja vanhoista kasvinosista, jotka jatkuvasti kerääntyvät pohjalle ja kohottavat pohjaa vedenpintaa kohti.

Kaikki neljä salmea ovat mittauksissa mukana. Linja 7 on pieni umpeenkasvava lahti Tullsundetin itäosassa, joka osittain on kärsinyt sillan aiheuttamasta heikentyneestä vedenvirtauksesta. Linja 18 sijaitsee sekapohjaisella rantaosalla Lillgetörsundetin itäosassa. Linja 21 sijoittuu Backassundetin itäosaan ja linjat 23 sekä 38 Backassundetin länsiosaan, sillan ja Sankanörarn väliselle alueelle. Mittaukset osoittavat selkeästi miten loivat rannat ovat, erityisesti Vähä-Pellinkin puolella (linja 38).

Strömsundetin rannat ovat tutkimusalueen jyrkimmät (linjat 49 ja 56). Täällä ovat tuulet ja vedenvirtaukset kovat ja sedimentaatio mitätön. Salmen syvyys on runsaat viisi metriä.

Nämä tulokset verrattiin kesällä 1983 tehtyihin mittaustuloksiin, jonka perusteella alueen runsaan kymmenen vuoden aikana kerääntyneen hiukkamaisen aineksen osuus voidaan arvioida.

6.3. Alueen vesikasvillisuus

6.3.1. Lajit

Alueella tavatut lajit ilmenee taulukosta 5. Lajien suomenkieliset ja ruotsinkieliset nimet on mainittu mikäli niitä on. Taulukossa on listattu ainoastaan vedessä tavatut lajit.

Taulukko 5. Alueella havainnoidut lajit

Putkilokasvit - Fröväxter

<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	karvalehti	hornsärv
<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roemer & Schultes	hapsiluikka	nålsäv
<i>E. parvula</i> (Roemer & Schultes) Bluff.	pikkuluikka	dvärgsäv
<i>Lemna trisulca</i> L.	ristilimaska	korsandmat
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	tähkä-ärviä	axslinga
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	järviruoko	bladvass
<i>Potamogeton filiformis</i> Pers.	merivita	trådnate
<i>P. pectinatus</i> L.	hapsivita	borstnate
<i>P. perfoliatus</i> L.	ahvenvita	ålnate
<i>Ranunculus baudotii</i> Godr.	merisätkin	havstranunkel
<i>R. circinatus</i> Sibth.	pyöräsätkin	hjulmöja
<i>Ruppia maritima</i> L.	merihapsikka	hårnating
<i>Scirpus maritimus</i> L.	merikaisla	havssäv
<i>S. tabernaemontani</i> C. C. Gmel.	sinikaisla	blåsäv
<i>Zannichellia palustris</i> L.	merihaura	liten hårsärv

Sanikkaiset - Sporväxter

Näkinpartaislevät - Kransalger

<i>Chara aspera</i> Deth. ex Willdenow		borststråfse
<i>C. tomentosa</i> L.		rödstråfse
<i>Tolypella nidifica</i> (O. F. Müll.) A. Braun		havsslinke

Viherlevät - Grönalger

<i>Cladophora glomerata</i> (L.) Kütz.	ahdinparta	grönslick
<i>C. rupestris</i> (L.) Kütz.		bergborsting
<i>E. ahlneriana</i> Bliding		fingr.rörhinna
<i>Enteromorpha intestinalis</i> (L.) Nees	suolilevä	enkel rörhinna

Kultalevät - Gulgrönalger

<i>Vaucheria</i> sp.		sjalgräs
----------------------	--	----------

Ruskolevät - Brunalger

<i>Chorda filum</i> (L.) Stackh.	jouhilevä	sudare
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i> (Huds.) Grev.		skäggalg
<i>Fucus vesiculosus</i> L.	rakkolevä	blåstång
<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillw.) Lyngb.		molnslick
<i>Pilayella littoralis</i> (L.) Kjellm.		trådslick
<i>Stictyosiphon tortilis</i> (Rupr.) Reinke sensu Rosenv.		

Punalevät - Rödalg

<i>Ceramium tenuicorne</i> (Kütz.) Waern		ullsläke
<i>Furcellaria lumbricalis</i> (Huds.) J. V. Lamour.		kräkel
<i>Polysiphonia violaceae</i> (Roth) Spreng.		fjäderslick

Vesirajan tuntumassa tai kostealla maaperällä tavatut lajit ovat lueteltu seuraavassa taulukossa. Kaikki tavatut lajit eivät ole mukana, ainoastaan vesirajan tuntumassa ja sen yläpuolella kasvaneet tyypilliset lajikkeet. Toisin kuin vedessä kasvavat lajit, jotka melkein kaikki ovat alkuperäisiä makean veden lajeja, esiintyy merkittävä osa alla mainituista lajeista myös suolaisen meriveden rannoilla.

Taulukko 6. Vesirajan yläpuolella esiintyneet rantakasvit

	röllit	venarter
<i>Agrostis ssp.</i> L.		
<i>Angelica arcangelica</i> <i>supsp. litoralis</i> Fr.	meriputki	strandkvanne
<i>Aster tripholium</i> L.	meriasteri	strandaster
<i>Calamagrostis ssp.</i> Adans.	kastikat	rörarter
<i>Caltha palustris</i> L.	rentukka	kabbeleka
<i>Eleocharis uniglumis</i> (Link) Schultes	meriluikka	agnsäv
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	mesiangervo	älggräs
<i>Galium palustre</i> L.	rantamatara	vattenmåra
<i>Glaux maritima</i> L.	rannikki	strandling
<i>Inula salicina</i> L.	rantahirvenjuuri	krissla
<i>Juncus gerardii</i> Lois.	suolavihvilä	salttåg
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	ranta-alpi	topplösa
<i>Lythrum salicaria</i> L.	rantakukka	fackelblomster
<i>Myosotis scorpioides</i> L.	luhtalemmikki	förgätmigej
<i>Plantago major</i> L.	piharatamo	groblad
<i>Plantago maritima</i> L.	meriratamo	gulkämpar
<i>Peucedanum palustre</i> (L.) Moench	suoputki	kärssilja
<i>Rumex aquaticus</i> L.	vesihierakka	hästskräppa
<i>Triglochin maritima</i> L.	merisuolake	havssälting
<i>Valeriana salina</i> Pleijel	merivirmajuuri	strandvänderot
<i>Valeriana sambucifolia</i> Mikan fil.	lehtovirmajuuri	vänderot

Suurin osa yllämainituista putkilokasveista esiintyi alueen rantaniityillä.

6.3.2. Rantojen kasvillisuus

Pehmeällä pohjalla esiintyi ilmaversoisista järviruo'on lisäksi paikoitellen merikaislaa ja sinikaislaa. Ruovikon sisältä löytyi aukkoja, jossa paikoitellen kasvoi runsaasti hapsivitaa ja näkinpartaisleviä. Alueen ruovikot näkyvät kuvassa 8. Muu kasvillisuus on alueen tiheimmissä ruokoyhdyskunnissa siirtynyt ulospäin, missä ruovikko on harvempi.

Tyypillisiä pehmeän pohjan lajeja näissä matalissa liejun peittämissä lahdissa, olivat yleisesti esiintyvät uposlehtiset vidat (ahven- ja hapsivita) sekä harvemmin esiintyvät tähkä-ärviä, merihaura ja näkinpartaislevät. Pieni pohjaversoinen hapsiluikka esiintyi myös paikoitellen vesirajan tuntumassa.

Parissa matalassa umpeenkasvavassa lahdessa, jossa aallokkoa ei ole juuri lainkaan, havaittiin rehevöitymisestä hyötyvät irtokeijuvat lajit, karvalehti ja ristilimaska. Molemmat lajit pidetään runsasravinteisuuden ilmentäjinä (Toivonen 1984). Kultalevä *Vaucheria sp.*, jotka suosivat suojaisten lahtien rannetikkaat liejupohjat, peitti pohjan laikkumaisena mattona.

Melkein kaikki alueen pehmeäpohjaiset rannat ovat kasvamassa umpeen. Perinteistä pehmeän pohjan kasvillisuutta pienine uposlehtisine putkilokasveineen ja näkinpartaislevineen, esiintyi alueen linjoilla ainoastaan linja 3 ja osittain linja 46 kohdalla. Tiheän ruovikon peittämät umpeenkasavat rannat edustivat alueen pienissä lahdissa olevat linjat 7, 9, 19, 20, 22, 37, 38 sekä 50.

Sekapohjaiset rannat ovat alueella vallitsevia. Tämän rantatyyppin pohja koostuu kivistä tai sorasta, jonka seassa on hienorakenteisempaa materiaalia kuten esim. savea ja liejua. Sekapohjaisten rantojen kasvillisuus koostuu sekä pehmeän pohjan että kovan pohjan tyyppilajeista. Savea tai liejua on sen verran että putkilokasvit pystyvät juurtumaan kivien väliin ja kovan alustan vaativat levät kiinnittymään kivien päälle. Vesirajan tuntumassa esiintyi levistä yleisesti yksivuotisia viherleviä, kuten esim. ahdinparta ja suolilevä sekä erilaisia ruskoleviä. Putkilokasveista esiintyi useimmiten ilmaversoisista järviruoko (suhteellisen harvana kasvustona) ja uposlehtisistä merisätkin, merivita ja joskus pieniä ahvenvitayksilöitä.

Hiukan syvemmissä vedessä esiintyi putkilokasveista yleisesti uposlehtiset kasvit kuten vidat, merisätkin ja merihaura. Monivuotinen vyöhykkeinen rakkolevä joka oli levistä vallitsevin, esiintyi myös suhteellisen syvässä vedessä mikäli alusta oli suotuisa. Ruovikot olivat kapeammat eivätkä yhtä tiheät kuin pehmeäpohjaisten rantojen kohdalla.

Kasvillisuuden ulkorajoilla esiintyi usein putkilokasveista ahvenvita, joka viihtyy hiukan virtaavassa vedessä. Laji pärjää voimakkaiden juuriensa ansiosta myös suhteellisen avoimilla rannoilla ja havaittiin tutkimusalueella jopa linja 1 kohdalla. Linja sijoittuu Sundön länsikärkeen joka on alueen rannoista eniten altis tuulelle ja aallokolle. Levistä esiintyi ahvenvidan seassa usein monivuotinen rakkolevä ja paikoitellen pieniä punaleviä. Sekapohjaisia rantoja oli alueella linjojen 1, 5, 6, 13, 14, 17, 18, 26, 28, 29, 33, 39, 40, 51, 58 ja 60 kohdalla.



Kuva 7. Sekapohjainen ranta jossa pehmeäpohjaiset ja kovapohjaiset lajikkeet kasvavat vierekkäin (linja 6).

Järviruokoa ei esiintynyt sorarannoilla jotka ovat enemmän alttiita tuulelle ja aallokoille. Tämä johtui lähinnä siitä, että aaltojen mekaaninen kulutus on kova ja hienorakenteisen materiaalin määrä pieni. Pienet uposlehtiset putkilokasvit pärjäävät sen sijaan paremmin. Ne pystyvät kiinnittymään kivien väliin ja saavat tällaisten rantojen pohjamateriaalista tarvitsemansa ravinnon. Sorarantoja, jossa esiintyi uposlehtisiä putkilokasveja mutta ei järviruokoa lainkaan, oli linjojen 44, 47, 48 ja 56 kohdalla.

Kalliorantoja on alueella erityisesti osa-alue B:n Strömsundetin salmessa. Täällä muodostui kasvillisuus lähinnä makrolevistä, jotka vaativat kiinnittymiseen kovan alustan ja ottavat ravinnon suoraan vedestä.

Kylmän alkukesän vuoksi olivat yksivuotisten rihmalevien muodostamat vyöhykkeet vielä heinäkuun alussa kehitysvaiheessa. Kenttätöiden alussa esiintyi viherlevistä esiintyi ahdinparta, joka muodostaa kesälle tyypillisen vyöhykkeen vesirajan tuntumassa, suhteellisen niukkana. Lämmin heinäkuu aiheutti kuitenkin levien nopean kehityksen, ja elokuun alussa olivat rihmalevien muodostamat vyöhykkeet tavanomaisia alueen kivi- ja kalliorannoilla.

Ahdinparran lisäksi esiintyivät rihmalevävyöhykkeessä viherlevistä suolilevät ja ruskolevistä kaikki yllä mainitut (jousilevä ym.) paitsi monivuotinen rakkolevä, joka muodostaa oman vyöhykkeensä rihmalevävyöhykkeen alapuolella.

Punalevät, jotka esiintyi niukasti koko tutkimusalueella, tavattiin useimmiten rakkolevän seassa tai sen alapuolella. Tavallisimmat lajikkeet olivat *Ceramium tenuicorne* ja *Furcellaria lumbricalis*. Rannikkoalueiden sameat vedet estävät punalevät muodostamasta varsinaisia vyöhykkeitä, kuten esimerkiksi ulkosaaristossa tai valtamerten alueilla.

Varsinaista kovan pohjan kasvillisuutta esiintyi linjojen 27, 54 ja 55 kohdalla.

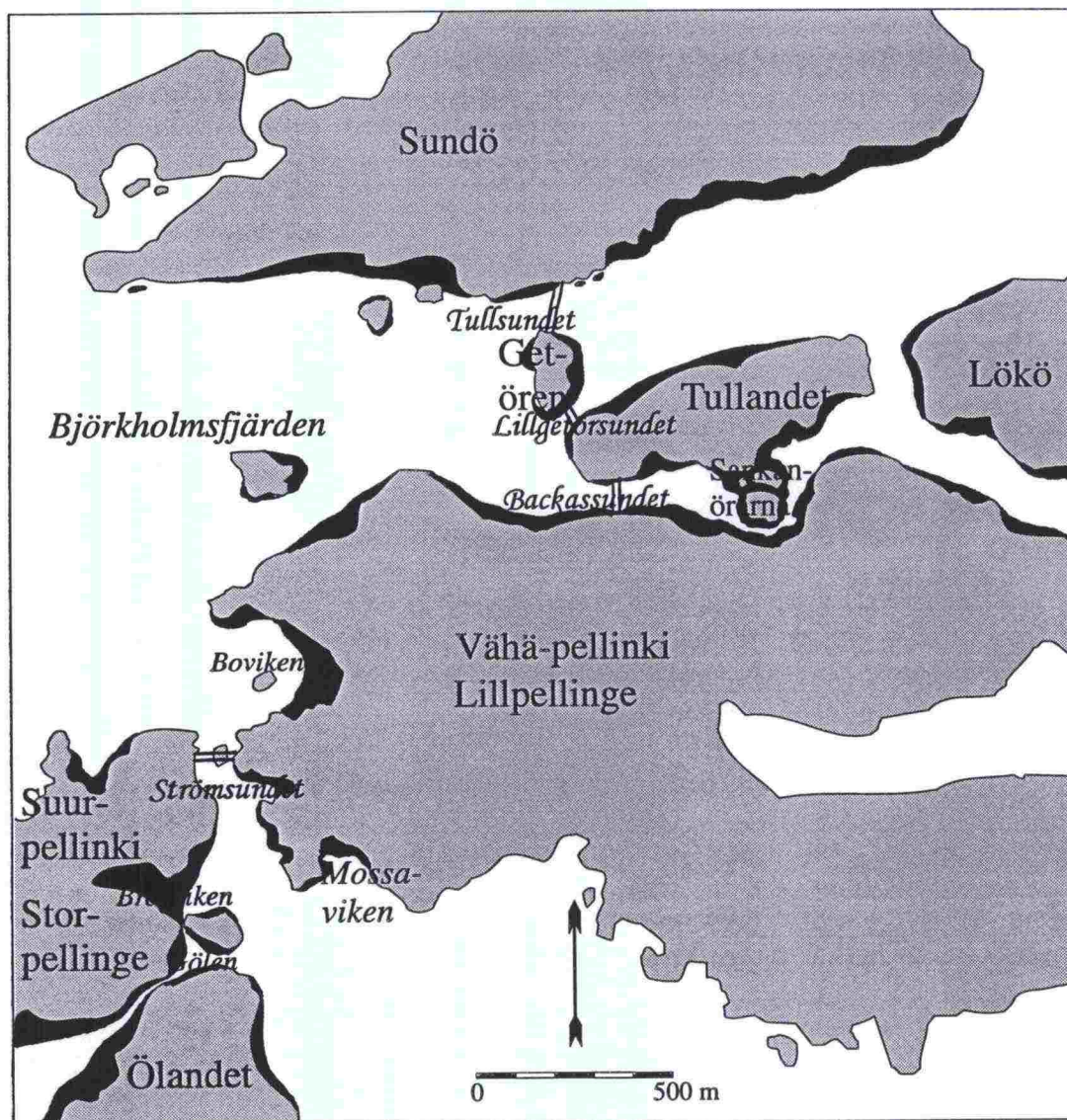
6.3.3. Alueen järviruokokasvustot

Järviruokokasvustot ovat alueella tiheät ja peittävät suurimman osan alueen yhteenlasketusta rantaviivasta. Osa-alue A:n yhteenlaskettu rantaviiva on suunnilleen 11,5 km, josta ruovikkorantoja 9,5 km. Tämä tarkoittaa että järviruoko peittää suunnilleen 80 % alueen rannoista. Osa-alue B on huomattavasti pienempi, mutta järviruoko on suhteellinen esiintyminen on suunnilleen sama. Yhteenlaskettu rantaviiva on noin 4,4 km, josta ruovikkorantoja noin 3,3 km, eli 75 % yhteenlasketusta rantaviivasta. Järviruoko peitti rannat vedenrajasta noin kahden metrin syvyyteen.

Järviruoko tutkittiin tarkemmin linjojen 7, 37, 38, 46, 51 ja 58 kohdalla (liite 4). Ruovikot olivat voimakkaimmat suojaisessa Backassundetin salmessa (linjat 37, 38) sekä osa-alue B:n Bovikenissä (linja 46) ja Bredvikenissä (linja 58). Kaksi viimeksi mainittua ovat alueen suuria umpeenkasuvia lahtia. Täällä ovat vanhat, vakiintuneet ruovikkoyhdyskunnat tiheät ja biomassalla neliometriä kohti suuri (liite 4). Linja 58 sijoittuu Bredvikenin lahden suuhun, jossa ruovikko on nuorempaa kuin itse lahdessa, joten tulokset eivät vastaa lahden sisällä oleviin oloihin.

Versotihetydet olivat kesällä 1994 keskimäärin 280 versoa neliömetriä kohti. Suurin versotihetyys mitattiin Bovikenissä, jossa yksi mittaus antoi ennätyslukeman 496 versoa neliömetriä kohti! Nuorissa ruovikkoyhdyskunnissa linjojen 7 ja 51 kohdalla olivat tiheydet huomattavasti alhaisemmat.

Versot olivat pitkät Backassundetin salmessa sekä Bovikenissä ja biomassat (= orgaanisen aineksen määrä/m² yhden kasvukauden aikana) korkeat. Versopituudet olivat keskimäärin 240 cm ja biomassat 3000-4000 g/m². Ruovikot ovat leveimmät (noin 100 metriä) Sankanörarnan ympärillä ja Bovikenin sekä Bredvikenin lahdissa.



Kuva 8. Järviruoko (musta alue) peitti 80 % tutkimusalueen yhteenlasketusta rantaviivasta.

7. Vertailu vuoden 1982 tuloksiin

7.1. Pienemmät näkösyvyydet siltojen ja tiepenkereitten ympärillä

Näkösyvyydet olivat kaikkien vertailulinjojen kohdalla suuremmat kesällä 1994 verrattuna kesään 1982 (linjat 1, 9, 29, 51 ja 60). Eroa oli 0,2 - 1 m verran.

Näkösyvyydet olivat Tullsundetin avoimella länsipuolella suunnilleen samat tai jonkun verran suuremmat kesällä 1994 verrattuna vuoteen 1982 (linjat 1, 3, 5). Salmen itäpuoli on suojaisempi ja täällä olivat näkösyvyydet, erityisesti lähempänä siltaa, huomattavasti pienemmät kesällä 1994, sekä Sundön kaakkoisrannan ulkopuolella (linja 6) että Getörenin itäpuolella (linja 17). Sil-
lan vaikutusalue ulottuu suurin piirtein linja 7 kohdalle, jossa näkösyvyys pienen lahden edustalla myös oli jonkun verran pienempi.

Lillgetörsundetin salmessa olivat näkösyvyydet pienemmät penkereen molemmin puolin. Vaikka länsipuoleinen alue kuten Tullsundetissä on avoimempi, olivat näkösyvyydet samat tai pienemmät kesällä 1994 verrattuna kesään 1982 (linjat 13 ja 28). Salmen suojaisemmassa itäosassa olivat näkösyvyydet tiepenkereen takana pienemmät kesällä 1994. Eroa oli noin 20 cm verran, eli jonkun verran vähemmän kuin Tullsundetissä.

Suojaisessa umpeenkasvavassa Backassundetissä olivat näkösyvyydet, sillan itäpuoleisella ja Sankanörarnan saariryhmän välisellä erittäin suojaisella alueella, pienemmät 1994 verrattuna vuoteen 1982 (linjat 23, 24 ja 38). Tämä alue on kokonaan riippuvainen siitä vedestä mikä virtaa sillan alta lännestä salmen sisään. Salmen itäisemmässä osassa olivat näkösyvyydet suunnilleen samat (linja 22).

Salmen länsipuoli on, niinkuin Tullsundetin ja Lillgetörsundetin salmien kohdalla, avoimempi. Täällä olivat näkösyvyydet, varsinkin Tullandetin rannan ulkopuolella, huomattavasti paremmat verrattuna vuoden 1982 tuloksiin (linjat 25 ja 26).

Strömsundetin salmi erottuu muista siinä mielessä että alue on avoin sillan molemmin puolin. Näkösyvyydet vaihtelivat silti verrattuna vuoden 1982 tuloksiin niin, että ne salmen pohjoisosassa kalanviljelylaitoksen ympärillä olivat pienemmät (linjat 46, 47, 48, 54 ja 55) ja itäosassa suuremmat (linjat 49, 50, 56 ja 58). Eroa oli noin 20 cm verran sillan pohjoispuolella ja 40 - 60 cm sillan eteläpuolella.

7.2. Voimakas sedimentaatio alueen suojaisten rantojen edustalla

Vuosina 1983 ja 1994 mitattiin tutkimusalueella pohjasedimentin pintatasoa verrattuna keskivesikorkeuteen. Tulokset osoittavat, että sedimentin pintataso verrattuna keskivesikorkeuteen on runsaan kymmenen vuoden aikana muuttunut melkein koko alueella. Tulosten vertailussa on myös otettava huomioon alueen luonnollinen maan kohoaminen. Maa kohoaa alueella

suunnilleen 2-3 mm vuodessa (Voipio 1981). Alla olevassa tekstissä on maan kohoaminen vähennetty pois.

Tullsundetin mittaukset suoritettiin linja 7 kohdalla. Linja, joka sijoittuu sillan itäpuoleiseen olevaan pieneen umpeenkasvavaan lahteen, on sillan vaikutusalueen ulkoreunalla. Täällä on irtonaista ainesta kerääntynyt pohjalle noin 4-5 cm verran. Lillgetörsundetin ympäröivä alue on melkein yhtä avoin kuin Tullsundetin. Irtonaista ainesta on kerääntynyt tiepenkereen itäpuolella noin 3-4 cm verran. Mittauksia ei ole suoritettu Tullsundetin ja Lillgetörsundetin länsiosissa.

Umpeenkasvavassa Backassundetissä on sedimentaatio ollut nopeaa. Pohjalle on kerääntynyt eniten ainesta sillan suojaisemmalla itäpuolella, jossa sedimentaation nopeus on ollut suurin aivan siltapenkereen takana (linja 23). Irtonaista ainesta on kerääntynyt runsaan kymmenen vuoden aikana noin 6 cm verran. Salmi levenee itäänpäin ja vedenvirtaukset voimistuvat, jolloin irtonaisen aineksen kerääntyminen pohjille on pienempi. Linjan 38 kohdalla oli ainesta kerääntynyt noin 4 cm verran. Salmen itäosassa oli ainesta kerääntynyt yhtä paljon kuin siltapenkereen takana (linja 21). Tämä alue on kuitenkin luonnostaan huomattavasti suojaisempi kuin salmen länsiosa, jossa silta sijaitsee.

Osa-alue B:n puolella on irtonaista ainesta kerääntynyt siltapenkereen itäpuoleisiin suojaisiin lahtiin. Kerääntymistä oli tapahtunut lähempänä rantaa verrattuna osa-alue A:n, jossa irtonaisen aineksen kerääntyminen oli nähtävissä vielä runsaat 40 m rannasta. Alue B:n avoimuus ja voimakkaat vedenvirtaukset lienevät olleet selitys tähän. Vedenvirtaukset ovat itse salmessa suhteellisen voimakkaat, eikä kerääntymistä ole tapahtunut täällä lainkaan (linja 56).

7.3. Kasvillisuus alueella muuttunut

7.3.1. Yleistä

Suurin muutos lajikoostumuksessa alueella A, on putkilokasvien ja levien runsastuminen verrattuna vuoteen 1982. Putkilokasveista mainittakoon järvi-ruo'on lisäksi merihaura, merivita, hapsivita ja ahvenvita. Näistä esiintyvät merihaura ja merivita lähinnä alueen kivikkorannoilla toisin kuin tähkä-ärviä ja hapsivita, jotka alueella kasvoivat liejun peittämissä suojaisissa lahdissa. Ahvenvita viihtyy alueella sekä suojaisilla että tuulelle alttiilla rannoilla mieluiten hiekkapohjilla, jossa se paikoitellen muodosti oman vyöhykkeen ruovikon ulkopuolella. Merihaura on voimakkaasti lisääntynyt alueen länsiosissa. Yksivuotisista levistä on suolilevä lisääntynyt voimakkaasti ja kilpailee ahdinparran kanssa sopivista kasvualustoista. Näkinpartaislevät, jotka eivät siedä aaltojen aiheuttamaa mekaanista kulutusta, ovat lisääntyneet rannan tuntumassa tiheentyvän ruovikon takana (liite 3).

Alue A:n suojaisemmassa itäosassa ovat ruovikot tihentyneet voimakkaasti. Muu kasvillisuus on tiheän ruovikon takia siirtynyt ulospäin tai hävinnyt kokonaan. Kultalevä *Vaucheria sp.*, joka suosii ravinnerikkaita pohjia on lisääntynyt ja peittää pohjan harvana mattona melkein koko alueella. Sedimentoitu-

van aineksen lisääntyminen pohjilla ei ole vaikuttanut merkittävästi rakkolevään, joka on runsastunut huomattavasti erityisesti alueen itäosissa. Poikkeus tästä on Backassundetin salmi, jonka liejupohjat estävät rakkolevän löytämästä sopivia kovia kasvualustoja. Täällä esiintyi rakkolevä ainoastaan parin linjan kohdalla yksittäisinä kelluvina mattoina, jotka olivat kalliorannoilta irtirepeytyneitä ja tänne veden mukana kulkeutuneita yksilöitä.

Järviruoko on lisääntynyt myös alueella B. Muut vallitsevat lajit ovat hapsivita, ahvenvita ja tähkä-ärviä. Rakkolevävyöhyke on koko alueella, toisin kuin alueella A, kaventunut ja siirtynyt ylöspäin. Uusia lajeja alueen pohjoisosassa, missä kalanviljelylaitos sijaitsee, ovat karvalehti, merihaura ja suolilevä. Nämä lajikkeet hyötyvät kaikki veden kohonneista ravinnepitoisuuksista (katso taulukko). Näkinpartaislevistä *Chara aspera* on alueella lisääntynyt.

Kokonaan uusi lajike on karvalehti, *Ceratophyllum demersum*, joka alueella esiintyi irrallisena vedessä Backassundetin salmessa ja Bovikenin isossa umpeenkasvavassa lahdessa.

7.3.2. Vesikasvillisuus siltojen ja tiepenkereitten ympärillä

Tullsundet

Vesikasvillisuudessa ei ole tapahtunut mitään suuria muutoksia sillan länsipuolella, joka on enemmän altis vallitseville lounaistuulille. Ruovikko on Sundön puolella suurin piirtein samanlainen. Muu kasvillisuus on hieman lisääntynyt, todennäköisesti sillan aiheuttaman lisäsuojan myötä. Vesikasvillisuuden uusi lajike on merihaura, joka kasvaa runsaana vesirajan tuntumasta vajaan metrin syvyyteen. Ahvenvita, joka viime kartoituksessa voimakkaan virtauksen takia esiintyi ainoastaan vesirajan tuntumassa, on siltapenkereen suojassa levittäytynyt peräti kolmen metrin syvyyteen asti. Levistä rakkolevä on hiukan lisääntynyt kun taas jouhilevä on hävinnyt kokonaan. Vitojen ja rakkolevän päällyskasvusto on sillan ympärillä huomioitavaa. Vallitsevat lounaistuulet tuovat mukanaan kuolleita kasvinosia, jotka kerääntyvät rannasta kohtisuoraan ulossuuntautuvan siltapenkereen lähetyville.



Kuva 9. Tullsundetin salmen ylimenevä silta.

Getörenin puolella ei ole ruovikkoa sillan lähetyvillä lainkaan ja vesikasvillisuus on kovalle pohjille tyypillinen. Merihaura, merivita, hapsivita ja merisätkin ovat putkilokasveista vallitsevia lajeja. Rakkolevävyöhykkeen alaraja, joka kesällä 1994 oli vajaan kolmen metrin syvyydellä, on siirtynyt kymmenessä vuodessa ylöspäin runsaan metrin verran. Rakkolevä esiintyi kesällä 1982 neljän metrin syvyyteen asti.

Tullsundetin alue on sillan itäpuolella suojaisempi. Ruovikko Sundön puolella on nyt sekä leveämpi että tiheämpi kuin kymmenen vuotta sitten. Kasvillisuuden ulkoraja on siltapenkereen suojassa siirtynyt 30 m:stä 50 m:in rannasta ulospäin. Näkinpartaislevä *Chara aspera*, joka ei kykene kasvamaan avoimilla alueilla, on ruovikon tihenemisen myötä ilmestynyt vesirajan tuntumassa.

Rakkolevävyöhyke päälyskasvustoineen (joka koostuu rihmalevistä, lähinnä ahdinparrasta ja erilaisista ruskolevistä), on edellistä kartoitusta leveämpi ja tiheämpi ja ulottuu runsaan kolmen metrin syvyyteen. Punalevistä noteerattiin *Polysiphonia violaceae*, pieni rihmalevä joka yleensä esiintyy rakkolevän ja muun vesikasvillisuuden päälyskasvustona. Toinen punalevä *Ceramium tenuicorne*, joka viihtyy suhteellisen avoimilla alueilla, on hävinnyt. Pohjan peittää tänne kerääntynyt hienorakenteinen aines joka sedimentoituu siltapenkereen lähetyviin ja aiheutti hankaluuksia haravoinnin yhteydessä jolloin vesi samettui täysin.

Vastapäisellä rannalla (Getörenin puolella) ovat muutokset samat. Järviruoko on voimakkaasti lisääntynyt, jonka myötä muu vesikasvillisuus on siirtynyt ulospäin. Tästä huolimatta on sekä rakkolevä että muu vesikasvillisuus alu-

eella lisääntynyt. Kultalevä *Vaucheria sp.* peitti pohjan laikkumaisena mattona muun vesikasvillisuuden ulkopuolella noin 4 metrin syvyyteen asti. Levä, joka viihtyy liejupohjilla, on ilmestynyt sillan ympärille viime kartoituksen jälkeen.

Lillgetörsundet

Lillgetörsundetin noin 50 m leveään salmen yli on rakennettu tiepenger joka sulkee salmen miltei kokonaan. Muutokset vesikasvillisuudessa ovat täällä myös suuremmat kuin Tullundetissä. Ruovikko on tiepenkereen länsipuolella, erityisesti suojaisemman Tullandetin rannan kohdalla, tihentynyt voimakkaasti ja siirtänyt muun vesikasvillisuuden ulospäin. Penkereen lähellä kasvaa runsaasti sinikaislaa, joka muuten alueella noteerattiin ainoastaan joidenkin erittäin suojaisten rantojen kohdalla.

Kasvillisuus kivisellä tiepenkereellä muodostuu yksivuotisista rihmalevistä, lähinnä ahdinparrasta ja suolilevistä. Sedimentoituvan aineksen kerääntymisen tiepenkereen lähetyville näkyi haravoimisen yhteydessä, jolloin vesi samettui täysin. Rakkolevävyöhykkeen peittävyys on tästä huolimatta suunnilleen sama kuin kesällä 1982. Lisääntyneet lajikkeet ovat lähinnä merihaura ja hapsivita.

Ruovikot ovat voimistuneet myös pengertien suojaisella itäpuolella, erityisesti Tullandetin puolella, missä ruovikot ovat paljon leveämmät ja tiheimmät nyt verrattuna kesään 1982. Pohjan peittää liejukerros, josta ovat hyötäneet pehmeän pohjan lajikkeet kuten hapsivita ja kultalevä *Vaucheria sp.* Rakkolevävyöhyke on kärsinyt pohjan laadun muutoksista eniten. Vyöhyke on täällä salmen suojaisemmalla puolella kaventunut ja siirtynyt tihentyvää ruovikkoa karkuun rannan tuntumasta ulospäin, missä kasvutilaa on enemmän ja pohja koostuu karkeammasta aineksesta.



Kuva 10. Lillgetörsundetin tiepenger, joka sulkee salmen miltei kokonaan.

Backassundet

Backassundet on alueen matalin ja suojaisin salmi. Maan kohoaminen yhdessä jatkuvasti tihenevien ruovikkojen kanssa johtaa alueen nopeaan luonnolliseen umpeenkasvuun. Itäisessä Backassundetissa saariryhmä Sankanörarnan ympärillä on vettä suunnilleen metrin verran. Järviruoko on vesikasvillisuuden vallitsevin lajike ja ruovikot niitetään tasaisin välein jotta vene-liikenne salmessa olisi mahdollista.

Salmen vedenvaihtuvuus, joka ei luonnostaan ole erityisen hyvä, on sillan myötä heikentynyt ennestään. Muutokset ovat vesikasvillisuudessa sillan länsipuolella Björkholmsfjärdeniin päin pienemmät kuin sillan itäpuolella. Ruovikot ovat salmen länsiosassa ainoastaan jonkun verran tihentyneet. Voimakas hapsivitaesiintymä noteerattiin siltapenkereen vieressä. Suojaisilla alueilla viihtyvä lajike on siltapenkereen tuoman lisäsuojan myötä pystynyt juurtumaan ja kasvamaan. Penkereen lisäsuojan myötä on myös kovan pohjan vaativa rakkolevä hiukan lisääntynyt salmen länsiosassa. Kultalevä *Vaucheria sp.* peittää pohjan laikkumaisena mattona.

Sillan suojaisemmalla itäpuolella ovat salmen rantojen reunustamat ruovikot nyt huomattavasti tiheämmät ja leveämmät, erityisesti lähempänä siltaa. Rakkolevä esiintyy alueella joko hyvin niukasti tai on hävinnyt kokonaan. Pehmeällä pohjalla viihtyvät putkilokasvit ovat lisääntyneet ja esim. hapsivita kasvaa alueella erittäin runsaana (linjat 23, 24).



Kuva 11. Backassundetin salmen ylimenevä silta, joka voimakkaasti heikentää alueen vedenvaihtoa.

Salmen itäosassa Sankanörarna saariryhmän ympärillä ovat vedenvirtaukset erityisen heikot. Alue on luonnostaan suojainen ja ruovikot ennestäänkin erittäin tiheät. Muutokset kasvillisuuden suhteen olivat lähinnä varsinaisten vesikasvien, kuten esim. ahven- ja hapsividan sekä tähkä-ärviän runsastuminen. Nämä esiintyvät alueella ruovikon aukoissa ja veneväylissä. Irtokellujista mainittakoon ristilimaska ja karvalehti, joista edellinen esiintyi järviruo'on seassa ja toinen ruovikon ulkopuolella. Molemmat ottavat ravintonsa suoraan vedestä ja hyötyvät veden kohonneista ravinnepitoisuuksista. Ne ovat myös salmessa uusia lajeja. Järviruoko on kuitenkin ylivoimaisesti salmen kasvillisuuden vallitsevin lajike ja rantojen umpeenkasvu on sillan myötä nopeutunut sillan ja Sankanörarnan välisellä alueella.

Strömsundet

Strömsundetin salmi erottuu muista siinä mielessä, että alueet salmen molemmien puolin ovat avoimet ja virrat salmessa voimakkaat. Salmen pohjoisosaan on edellisen kartoituksen jälkeen ilmestynyt kalanviljelylaitos (kartta 2). Veden korkeammat ravinnepitoisuudet kirjolohiviljelyn ympärillä vaikuttavat ympäröivien rantojen vesikasvillisuuteen, myös jonkun verran sillan eteläpuolella. Suolilevän voimakas lisääntyminen rannan tuntumassa on selvä osoitus tästä. Suolilevä hyötyy veden kohonneista ravinnepitoisuuksista, kuten aikaisemmin mainittiin.



Kuva 12. Strömsundetin salmen silta, jonka itäinen pitkä penger luo monille vesikasville paremmat kasvumahdollisuudet.

Tiepenkereen tuomasta suojasta ovat sillan pohjoispuolella hyötäneet lähinnä vedessä elävät putkilokasvit. Näistä mainittakoon merihaura, hapsivita ja ahvenvita, jotka ovat alueella selvästi lisääntyneet. Merisätkin, leinikkikasvi joka viihtyy hieman virtaavassa vedessä hiekka- ja kivipohjilla, esiintyy vesirajan tuntumassa yhdessä näkinpartaislevä *Chara asperan* kanssa. *Chara aspera* sietää näkinpartaislevistä parhaiten aallokon aiheuttamaa kulutusta, tämän vahvasti lajin esiintyminen alueella suhteellisen avoimilla rannoilla.

Lajikoostumus on SuurPELLINGIN kivikkoisilla rannoilla sillan eteläpuolella samanlainen, verrattuna aikaisempaan kartoitukseen. Voimakas ahdinparran ja suolilevän esiintyminen havainnoitiin yhdessä merihauran, merividan, ahvenvidan ja merisätkimen kanssa.

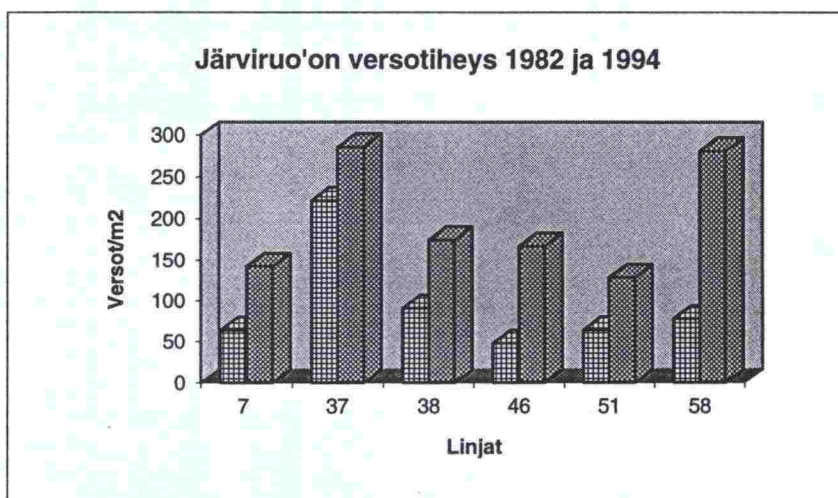
Ruovikot ovat VähäPELLINGIN alueen suojaisissa lahdissa tiheämmät ja penkereen takana myös leveämmät (linjat 49 ja 50). Penkereen takana olevan pienen lahden ruovikon tihentyminen noin 10 %:sta 90 %:in on alueen voimakkaampia (linja 50). Muu vesikasvillisuus on ruovikon voimakkaan tihentymisen myötä siirtynyt ulospäin. Lahti on puoleksi mataloitunut ja rantakasvillisuus muuttunut. Merenrannoilla viihtyvistä rantakasveista olivat häipyneet merisuolake ja suolavihvilä. Niiden sijasta kasvoi rannalla mesiangervo, luh-talemmikki, rantamatara ja rentukka. Nämä kasvit viihtyvät kostealla maaperällä ja esiintyivät muuten alueella ainoastaan erittäin suojaisilla rantaniityillä.

Kovilla pohjilla viihtyvät lajikkeet ovat penkereen eteläpuolella vähentyneet. Merisätkin on penkereen lähettäviltä hävinnyt kokonaan ja rakkolevävyöhyke on harventunut. Hapsivita ja tähkä-ärviä jotka viihtyvät pehmeällä pohjalla, ovat lahden poukamassa lisääntyneet voimakkaasti. Järviruo'on ja rakkolevän päälliskasvustossa esiintyvä suolilevä on alueella voimakkaasti lisääntynyt. Myös muut rihmalevät esiintyivät päälliskasvustona runsaammin sillan eteläpuolella kuin aikaisemmin.

7.3.3. Alueen järviruokokasvustot voimistuneet

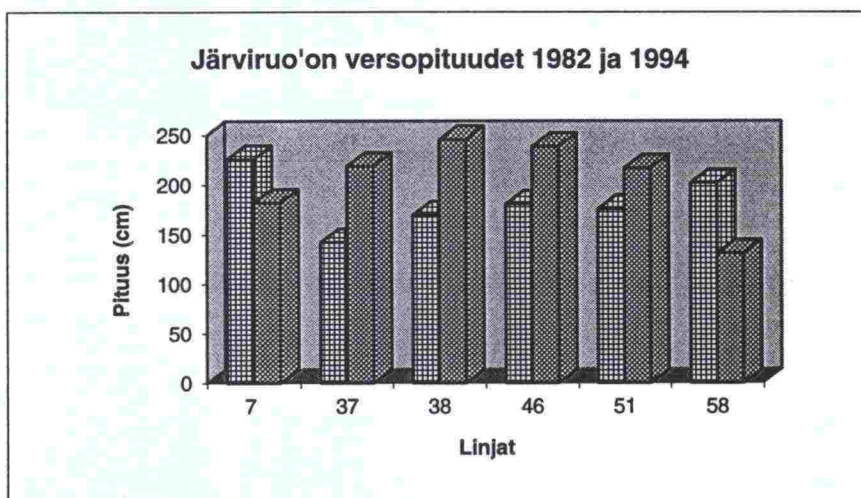
Tutkimusalueella tutkittiin ruovikkoa joidenkin linjojen kohdalla hieman tarkemmin siten, että **versotiheyttä**, **version pituutta** sekä **biomassaa** mitattiin (liite 4). Tuloksista ilmenee että ruovikko on näiden kymmenen vuoden aikana tihentynyt voimakkaasti. Suurimmat muutokset ovat tiheyden suhteen olleet osa-alue B:n Bredvikenin ja Bovikenin lahdissa, missä versojen määrä neliömetriä kohti on kolminkertaistunut. Muiden linjojen kohdalla on tiheys kaksinkertaistunut lukuunottamatta Backassundetia, missä tiheydet ovat Sankanörarnan saariryhmän ympärillä ennestäänkin olleet korkeat. Suurimmat versotiheydet, keskimäärin 280 versoa neliömetriä kohti, mitattiin vanhoissa vakiintuneissa ruovikkoyhdyskunnissa Sankanörarnan ympärillä sekä Bredvikenissä. Nuorissa ruovikkoyhdyskunnissa ovat tiheydet huomattavasti alhaisemmat (kuva 13).

Kesän 1982 tuloksiin verrattuna on ruovikon **leveys** suunnilleen sama, lukuunottamatta linjaa 38, jossa ruovikko on nyt noin 20 metriä leveämpi. Leveimmät ruovikot havainnoitiin Sankanörarnan ympärillä sekä erityisesti Bovikenissä, jossa ruovikko on runsaat sata metriä leveä. Bovikenissä mitattiin myös alueen versojen tiheysennätys kun yksi mittausta antoi 496 versoa/m².



Kuva 13. Järviruo'on keskimääräiset versotiheydet vuosina 1982 ja 1994.

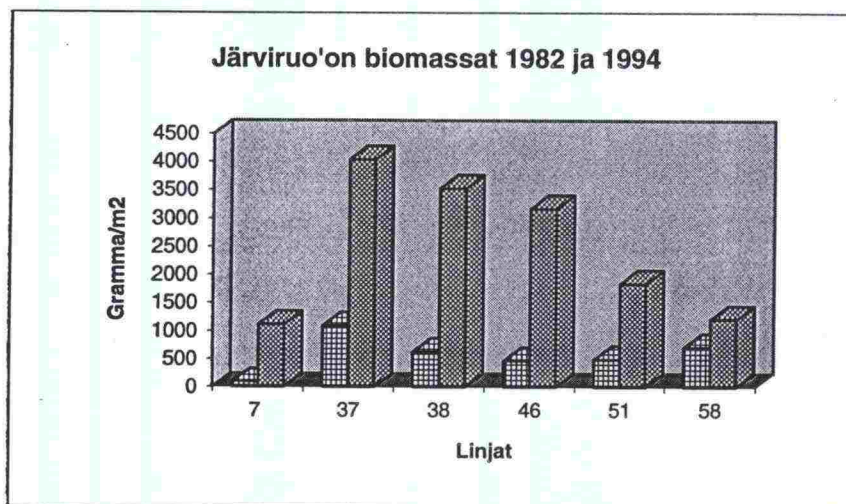
Versopituudet, joita mitattiin linjattain noin 30 verson kohdalla, ovat useimilla linjoilla keskimäärin korkeammat verrattuna vuoteen 1982. Poikkeus tästä ovat linjat 7 ja 58 (kuva). Selitys tähän lienee ollut se, että tiettyjen teknisten vaikeuksien seurauksena jouduttiin versoja mittaamaan suhteellisen alhaisessa vedessä (runsaan metrin syvyyteen) linjojen 7 ja 58 kohdalla. Versot ovat yleensä pidemmät syvemmässä vedessä. Keskimäärin pisimmät versot (noin 240 cm) mitattiin Bovikenissä ja linjan 38 kohdalla Backasundetissa.



Kuva 14. Järviruo'on keskimääräiset versopituudet vuosina 1982 ja 1994.

Regressioanalyysin tulokset osoittavat, että pidemmät versot ovat hiukan painavammat vuoden 1994 tuloksissa verrattuna vuoteen 1982. Lisääntynyt suoja ja ravinnerikkaat kasvualustat ovat mahdolliset tekijät muutoksen takana (liite 5).

Biomassa on lisääntyneen tiheyden myötä kasvanut rajusti. Suurimmat muutokset ovat tapahtunut pienessä lahdessa linjan 7 kohdalla, missä biomassa on runsaassa kymmenessä vuodessa lisääntynyt 87:stä grammasta 1112:een grammaan neliometriä kohti. Luku on toisin sanoen kaksitoista kertaa suurempi !!! Tämä oli muuten alueen mitatuiden ruovikoiden alhaisin luku. Korkeimmat biomassat (3000-4000 g/m²) mitattiin Backasundetissa sekä Bovikenissä.



Kuva 15. Järviruo'on biomassa vuosina 1982 ja 1994.

7.3.4. Luontaisesti umpeenkasvavat rannat

Luonnollinen umpeenkasvu tapahtuu suojaisissa lahdissa ja poukamissa Sundön etelärannalla, Backasundetissa saariryhmä Sankanörarnan ympärillä sekä Bovikenissä ja Bredvikenissä. Ruovikot ovat näillä alueilla viimeisen kymmenen vuoden aikana tihentyneet huomattavasti.

Suurimmat muutokset alueella A ovat tapahtuneet linjojen 3, 7, 9 ja 22 kohdalla, jossa ruovikon tiheys on lisääntynyt 10-30 %:sta 50-90 %:in. Yllättävää on että myös rakkolevä (lukuunottamatta linjat 22 ja 37 missä rakkolevää ei ole aikaisemminkaan esiintynyt) on näillä samoilla linjoilla lisääntynyt. Suojaisessa lahdessa (linja 3) Tullsundetin sillan länsipuolella ovat järviruo'on ja rakkolevän lisäksi myös sinikaisla ja hapsivita lisääntyneet.

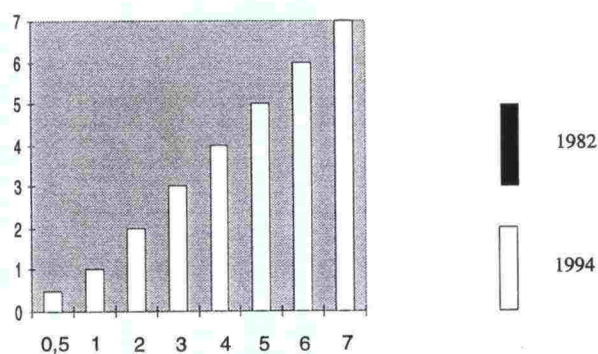
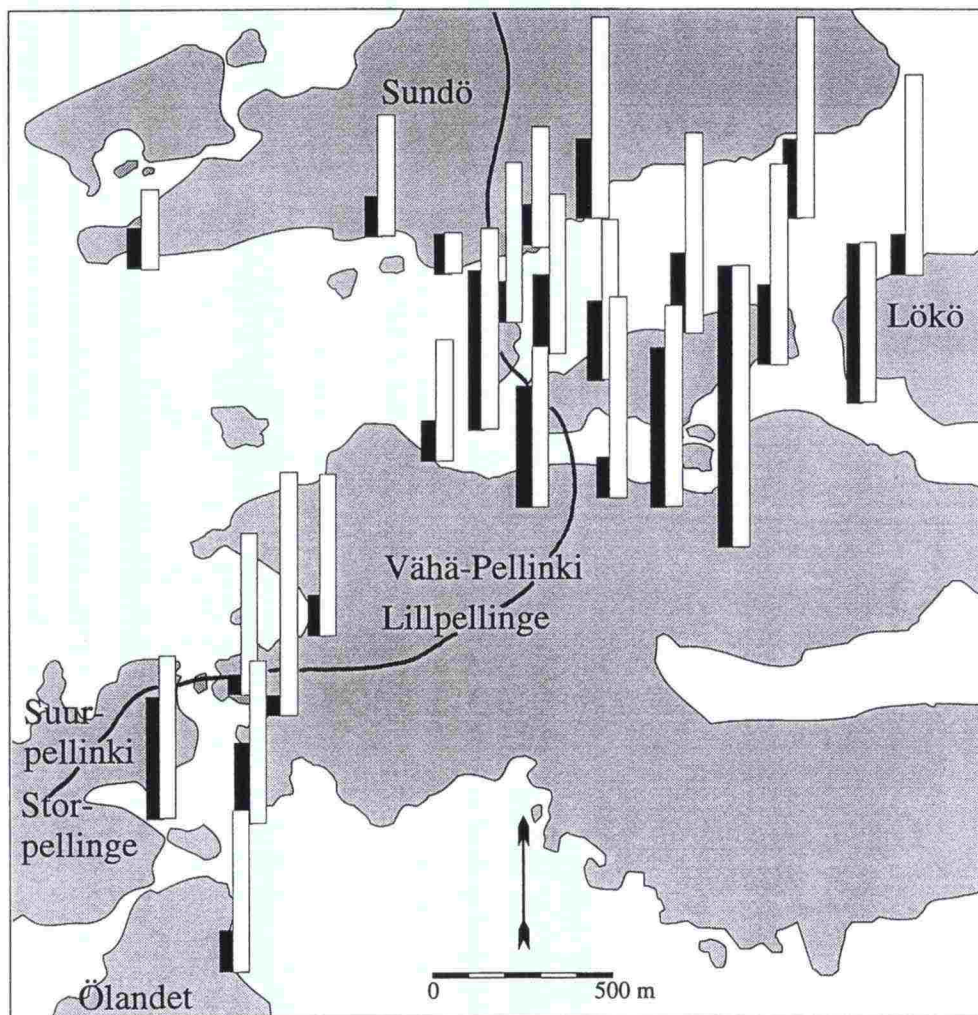


Kuva 16. Voimakkaat ruovikot dominoivat Backassundetin salmen kasvillisuutta.

Suurin umpeenkasvu alueella B on tapahtunut Bovikenissä, missä ruovikko on näiden kymmenen vuoden aikana voimakkaasti tihentynyt. Alueen itäosissa ovat ruovikot Bredvikenissä ja Gölenissä pysyneet lähes samoina. Bredvikenin ruovikko on tiheä ja lahti on puoleksi mataloitunut. Tulokset linjalta 58, joka sijoittuu Bredvikenin ulompaan osaan, osoittavat ruovikon tihentymistä täälläkin. Versot ovat kuitenkin suhteellisen lyhyet, mikä on nuorelle kasviyhdyskunnalle tyypillistä. Biomassa (= orgaanisen aineksen määrä osoitettuna grammassa neliometriä kohti) on matala verrattuna muihin yhtä tiheisiin yhdyskuntiin.

Gölenin ja SuurPELLINGIN välinen salmi pidetään auki veneliikenteelle ja ruovikko niitetään tasaisin välein. Ruovikko on vastapäisellä rannalla tarkistuslinjan 51 kohdalla tihentynyt, samaan aikaan kun rakkolevä on hävinnyt. Rakkolevän häviäminen osoittaa pohjan muuttuneen ja tiheämpi ruovikko indikoi lahden umpeenkasvamista. Etelämmällä tarkistuslinjan 60 kohdalla on suuntaus samankaltainen, joskin rantaosa ei ole umpeenkasvulle varsinaisesti arkaa aluetta. Tarkistuslinjojen tulokset osoittavat ruovikoiden yleisesti voimistuneen alueella.

Ruovikon leveydessä ja erityisesti tiheydessä tapahtuneet muutokset vuodesta 1982, ovat havaittavissa koko alueella. Erityisen selvästi näkyvät alueen pienissä lahdissa ja poukamissa tapahtuneet tiheysmuutokset. Täällä ovat ruovikon peittävydet lisääntyneet 10-30 %:sta 40-80 %:in (Kartta 3).



Kartta 3. Ruovikon peittävyys vuosina 1982 ja 1994.

7.4. Tilastolliset menetelmät

7.4.1. Lajien monimuotoisuus (=diversiteetti) alueella

Tarkistuslinjojen tulokset indikoivat monimuotoisuuden lisääntyneen jossain määrin tutkimusalueella. Suurin osa lajeista olivat myös mukana aikaisemmassa kartoituksessa, mutta jakaantuma oli silloin epätasaisempi. Lajimäärä on hiukan lisääntynyt ja jakaantuma on lajien kesken tasaisempi. Ranta on kasvillisuudeltaan köyhä jos $H' < 1$, ja erittäin monimuotoinen jos $H' > 3$.

Tullsundetissä oli monimuotoisuus yleisesti ottaen sama kesällä 1994 verrattuna vuoteen 1982. Monimuotoisuus on sillan vaikutusalueella sen sijaan hiukan lisääntynyt. Muutosta on tapahtunut suunnilleen saman verran kuin tarkistuslinjojen kohdalla.

Salmien monimuotoisuus

Alue	Vuosi	Lajimäärä	Shannonin indeksi, H'
a) Tullsundet	1982	15	2,45
- " -	1994	17	2,43
b) Lillgetörsundet	1982	14	2,01
- " -	1994	14	2,31
c) Backassundet	1982	14	2,18
- " -	1994	12	2,03
d) Strömsundet	1982	13	2,19
- " -	1994	16	2,47

Siltojen ennustettujen vaikutusalueiden monimuotoisuus

Alue	Vuosi	Lajimäärä	Shannonin indeksi, H'
a) Tullsundet	1982	12	2,36
- " -	1994	17	2,55
b) Lillgetörsundet	1982	12	1,79
- " -	1994	15	2,32
c) Backassundet	1982	11	2,11
- " -	1994	12	1,95
d) Strömsundet	1982	10	2,16
- " -	1994	11	2,08

Tarkistuslinjojen monimuotoisuus

Alue	Vuosi	Lajimäärä	Shannonin indeksi, H'
Alue A	1982	16	2,68
- " -	1994	18	2,44
Alue B	1982	10	2,05
- " -	1994	11	2,29

Lillgetörsundetin pengertie sulkee salmen miltei kokonaan. Täällä ovat muutokset kasvillisuuden monimuotoisuuden suhteen olleet suuret, erityisesti tiepenkereen vaikutusalueella. Kesällä 1994 oli kasvillisuus huomattavasti monimuotoisempi verrattuna vuoteen 1982. Lajimäärä oli salmessa yleisesti ottaen sama, mutta tiepenkereen vaikutusalueella korkeampi.

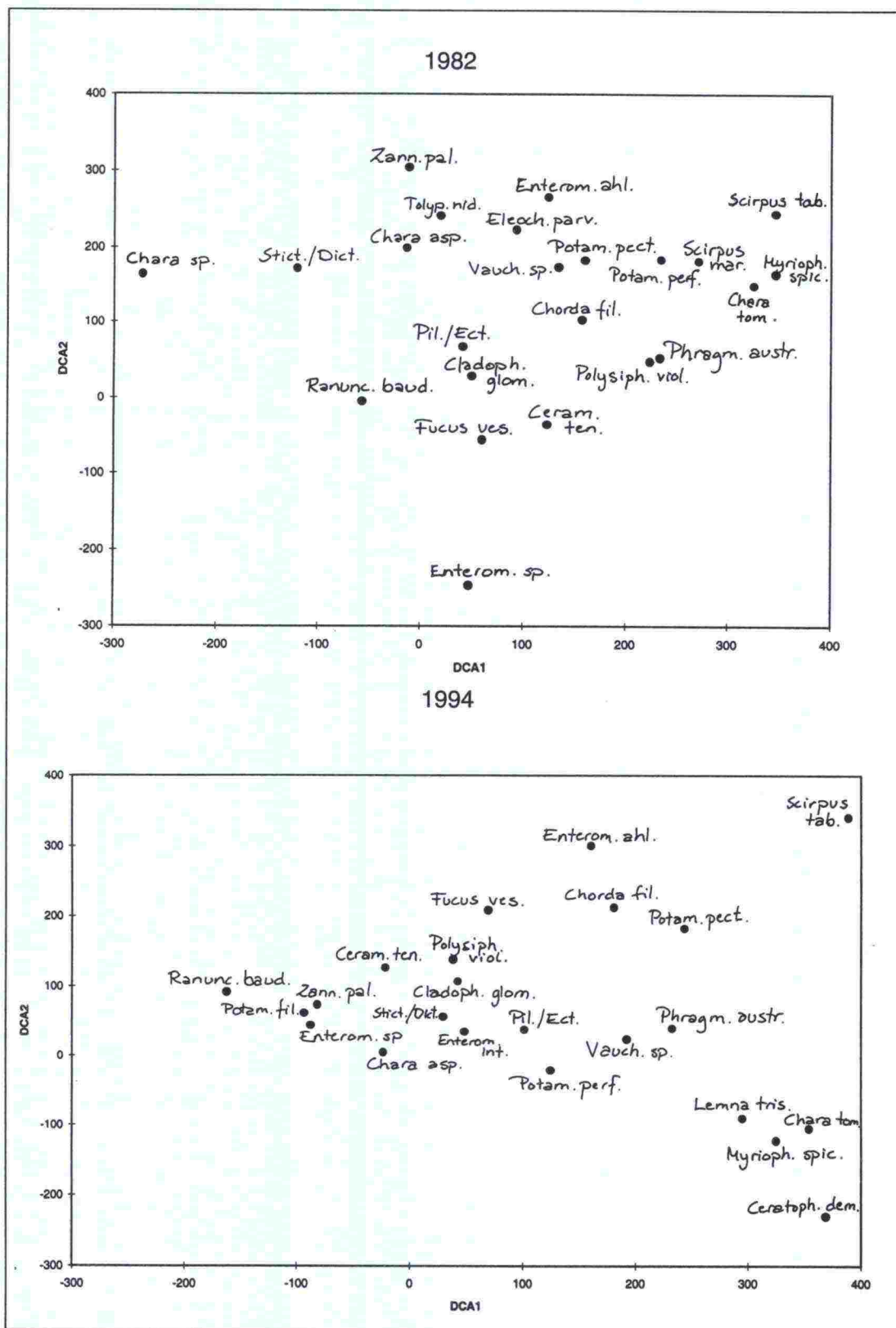
Suojaisessa Backasundetissa oli monimuotoisuus alhainen, verrattuna muihin salmiin. Lajien määrä oli yleisesti ottaen pieni, mutta sillan vaikutusalueella vähän suurempi.

Strömsundetin kasvillisuus oli yleisesti ottaen paljon monimuotoisempi kesällä 1994. Lajien määrä oli alueella kasvanut ja jakaantuma lajien kesken oli tasaisempi. Monimuotoisuus oli sillan vaikutusalueella sen sijaan laskenut verrattuna vuoden 1982 tuloksiin. Muutosten mahdollisesti aiheuttaneet tekijät pohditaan tulosten tarkastelukappaleessa.

7.4.2. Linjojen välinen suhde ja ympäristötekijät

Lajien ja niiden perusteella linjojen jakaantuma on esitetty allaolevissa kuvioissa. Syy linjojen yhteentiiivistymiseen 1994 lienee ollut linjan 3 tulokset, jossa voimakas sinikaislan kasvusto, joka alueella muuten esiintyi niukasti ainoastaan yhden muun linjan kohdalla, dominoi kasvillisuutta ja aiheutti linjan voimakkaan eristymisen muista linjoista jotka puolestaan tiivistyivät yhteen. Kuvion oikeassa alanurkassa muodostavat tyypilliset pehmeän pohjan linjat oman ryhmänsä. Näistä kymmenestä linjasta (23 - 51) sijoittuvat kuusi umpeenkasvavaan Backasundetiin ja loput alueen umpeenkasvaviin pehmeäpohjaisiin lahtiin.

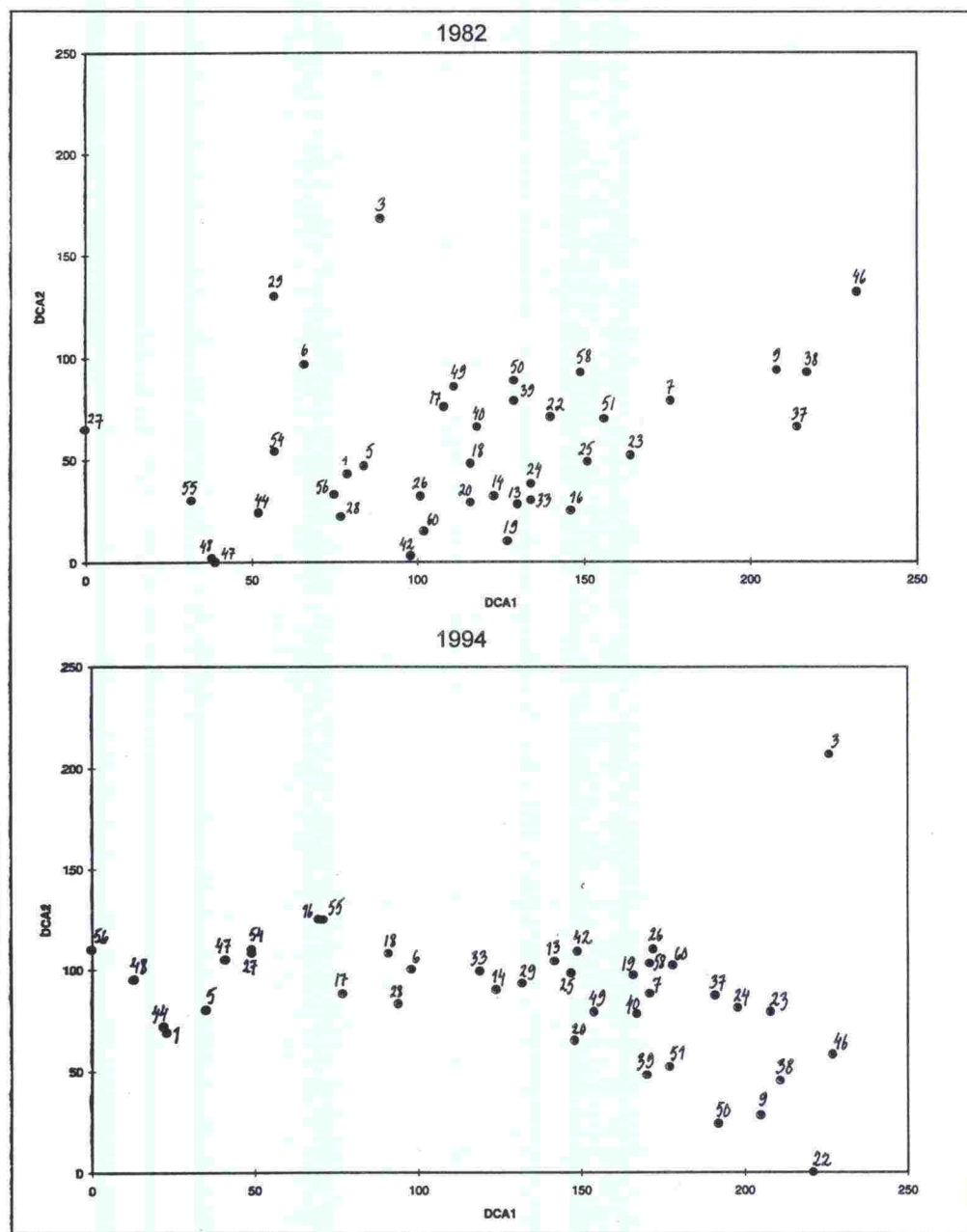
Varsinaiset kovan pohjan levälajit sijoittuvat lajien jakaantumassa kuvion keskelle. Selitys tähän on siinä, että levät esiintyivät myös monien pehmeäpohjaisten linjojen kohdalla, missä ne esiintyivät ruokojen ja muiden vesikasvien päälyllyskasvustona tai irtonaisina kelluvina mattoina. Varsinaiset pehmeän pohjan lajikkeet muodostavat oman ryhmänsä.



Kuva 17. Lajien jakaantuminen vuosien 1982 ja 1994 tulosten perusteella.

Trendi on vuoden 1982 kartoituksen tulosten perusteella samanlainen. Kovapohjan lajit oikealla ja pehmeän pohjan lajit vasemmalla. Linjojen jakaantuma on kuitenkin hieman erilainen. Pehmeäpohjaiset linjat sijoittuvat ylös oikealle ja kovapohjaiset alas vasemmalle.

Verratessa vuosien 1982 sekä 1994 tuloksia keskenään, on linjojen siirtyminen pehmeään pohjaan päin havaittavissa, tosiasia joka sedimentaatiomittaukset vahvistavat. Linjat eivät myöskään ole niin tiiviisti yhdessä vuonna 1982 kuin 1994, johtuen paljon linjan 3 heikommasta sinikaislakasvustosta. Korrelaatio ympäristötekijöiden kanssa osoittaa pohjan laadun sekä linjojen pituuden olleen tärkeimmät tekijät. Nämä kulkevat useimmiten käsi kädessä niin, että matalat pehmeäpohjaiset linjat ovat myös pisimmät.



Kuva 18. Linjojen jakaantuminen vuosien 1982 ja 1994 tulosten perusteella.

Suurimmat muutokset ovat olleet siltojen ja tiepenkereitten ympärillä ja erityisesti penkereitten takana Backasundetissa (linjat 23, 24, 38, 39) sekä Strömsundetissa (linjat 49, 50). Tämä on havaittavissa linjojen voimakkaana siirtymisenä pehmeämpään pohjaan päin. Linjat Tullsundetin ja Lillgetörsundetin ympärillä sijoittuvat kuviossa suurin piirtein samaan paikkaan tai ovat jopa siirtyneet kovempiin pohjiin päin. Tämä oli kivipohjaisille linjoille tyypillistä. Y-akselin korrelaatio oli sekä 1982 että 1994 niin heikko, että on miltei mahdoton arvioida mitä ympäristötekijää akseli edustaa. Mainittakoon myös, että lajikoostumus ei ollut aivan sama. Uudet lajit analyysissä ovat karvalehti, ristilimaska ja suolilevä kun sitävastoin merikaisla ja pikkuluikka jäivät pois. Tämä on myös jossain määrin voinut vaikuttaa tuloksiin.

8. Tulosten tarkastelu

8.1. Yleistä

Näkösyvyydet olivat alueella huomattavasti paremmat kesällä 1994 verrattuna kesään 1982. Tämän perusteella voidaan olettaa, että niiden linjojen edustalla jossa näkösyvyydet nyt olivat pienemmät, on muutosta huonompaan suuntaan itse asiassa tapahtunut vieläkin enemmän kuin mitä tulokset osoittavat.

Silta- ja tiepenkereitten ympärille kerääntyvä irtonainen aines sementaa vettä. Tämä ilmeni alueella jokaisen sillan kohdalla, jossa näkösyvyydet olivat paikoin huomattavastikin pienemmät kesällä 1994 verrattuna kesään 1982. Näkösyvyydet olivat yleensä pienemmät ainoastaan salmien itäosissa, jotka jäivät suojaan siltojen taakse. Tästä poikkesi kuitenkin Lillgetörsundet, jonka pengertie sulkee salmen miltei kokonaan. Veden mukana kulkeutuva irtonainen aines ei kulkeudu salmen läpi vaan kasaantuu penkereen länsipuolelle ja sementaa vettä täälläkin.

Näkösyvyydet vaihtelivat sillan molemmin puolin paikoitellen hyvinkin voimakkaasti. Suurimmat erot umpeenkasvavassa Backasundetissa, jossa sillan itäpuoleinen ja Sankanörarnan saariryhmän välisen alueen vedenvaihtuvuus on kokonaan riippuvainen siitä vedestä joka virtaa sillan alta salmen sisään. Täällä oli näkösyvyys metrin verran pienempi kuin sillan länsipuolella (linjat 23, 24, 25). Kesällä 1982 olivat näkösyvyydet kaikkien ylläolevien linjojen kohdalla samat. Huomioitavaa on kuitenkin, että linjojen näkösyvyydet kesällä 1982 mitattiin kahtena peräkkäisenä päivänä toisin kuin kesällä 1994, jolloin aikaa kului mittauksien välillä runsas viikko.

Strömsundetin ympäröivä alue on avoin salmen molemmin puolin. Näkösyvyydet olivat silti pienemmät alueen pohjoisosassa kesällä 1994 verrattuna kesään 1982. Kalanviljelylaitos, joka sijoittuu Strömsundetin pohjoisosaan, lienee ainakin osittain ollut tämän muutoksen takana. Laitoksesta peräisin olevat ravinteet sementtavat vettä, jolloin näkösyvyydet pienenevät. Väitetä tukee myös se tosiasia, että näkösyvyydet sillan eteläpuolella olivat huomattavasti paremmat kesällä 1994, vaikka sillan arvioitu vaikutusalue sijoittuukin juuri tänne. Tosin tuulet olivat alueella usein voimakkaita etelätuulia.

Näkösyyvyyttä mitattiin kesän aikana ainoastaan kerran jokaisen linjan kohdalla, joten tuloksiin täytyy suhtautua hiukan kriittisesti. Näkösyyvyydethän vaihtelevat kesän aikana jopa kymmeniä senttimetrejä, riippuen mm. tuulen suunnasta, veden lämpötilasta ja ravinnepitoisuuksista (Kautsky 1992). Jotta näkösyyvyksien perusteella voitaisiin vetää pitempiä johtopäätöksiä, pitäisi mittauksia tehdä ainakin kerran viikossa. Tässä pätee kuitenkin sanonta, mitä useammin sen parempi.

Irttonaisen aineksen kerääntyminen pohjille on sisäsaariston alueella suhteellisen voimakasta, etenkin ns. sedimenttipohjilla. Tällaiset ovat usein suojaisten lahtien pohjat, jonne tuulten mukana kulkeutuva irttonainen aines kerääntyy. Tulokset osoittavat, että sedimentaatio on ollut nopein umpeenkasvavassa Backassundetissa ja olematon voimakkaasti virtaavassa Strömsundetissa.

Sedimentaation nopeutta arvioidaan yleensä mittaamalla sedimentin paksuutta, jolloin mahdolliset muutokset ovat helposti havaittavissa. Nyt käytetyn menetelmän huono puoli on juuri siinä, että sedimentin paksuudesta ei oikeastaan saada tarkkaa tietoa. Tällä menetelmällä saadaan ainoastaan tietoa siitä, kuinka suuri pohjan ja normaalitasoisen vedenpinnan ero on. Tämä ero kutistuu myös luonnollisen maankohoamisen seurauksena, jolloin pelkästään sedimentin osuus on vaikeampi arvioida.

Siltojen mahdolliset vaikutukset sedimentaatio-oloihin eivät tuloksista selviä. Jotta siltojen vaikutus sedimentaation nopeuteen olisi voitu arvioida, olisi mittaukset pitänyt suorittaa niiden linjojen kohdalla, jonka väliin sillat rakennettiin. Linjat, joissa mittaukset suoritettiin, sijoittuvat tutkimusalueella niin, että vesiympäristön olosuhteet, kuten tuulet ja veden virtaukset, eroavat voimakkaasti toisistaan eikä tulokset ole keskenään verrattavissa.

Kasvillisuus

Kasvillisuus on alueella yleensä monimuotoistunut. Tämä lienee ollut seuraus yleisesti tihenevän ruovikon tuomasta lisäsuojasta, joka luo monille virtaavaa vettä karttaville lajeille paremmat kasvumahdollisuudet. Yksi selvästi alueella yleistynyt lajike on hapsivita, jonka runsas esiintyminen osoittaa sopivien suojaisten kasvualustojen sekä mahdollisesti korkeampien ravinnepitoisuuksien lisääntyneen vedessä (taulukko 7). Myös tähkä-ärviä esiintyy alueella runsaammin. Suurin osa lajeista olivat mukana aikaisemmassa karitoituksessa, mutta lajien keskeinen peittävyys oli silloin epätasaisempi.

Taulukko 7. Tutkimusalueella tavatut lajit ja niiden suhtautuminen ravinnepitoisuuksiin, sedimentaatioon ja suojaan (Hällfors et al. 1987, Kalliola 1973, Kurimo 1975, Kärkkäinen 1994, Toivonen 1984). Huomattakoon että lajien reaktiot viereisellä sivulla oleviin parametreihin voivat vaihdella paikasta toiseen, riippuen muista ympäristötekijöistä.

		Ravinnepitoisuus	Sedimentaatio	Suoja
Putkilokasvit				
Karvalehti	<i>Ceratophyllum demersum</i>	+	+/-	+
Hapsiluikka	<i>Eleocharis acicularis</i>	-	-	+
Pikkuluikka	<i>E. parvula</i>	-	-	+
Ristilimaska	<i>Lemna trisulca</i>	+	+/-	+
Tähkä-ärviä	<i>Myriophyllum spicatum</i>	+	+	+
Järviruoko	<i>Phragmites australis</i>	+	+	+
Merivita	<i>Potamogeton filiformis</i>	+/-	-	+
Hapsivita	<i>P. pectinatus</i>	+/-	+	+
Ahvenvita	<i>P. perfoliatus</i>	+/-	+	+
Merisätkin	<i>Ranunculus baudotii</i>	+/-	-	-
Merihapsikka	<i>Ruppia maritima</i>	+	+	+
Merikaisla	<i>Scirpus maritimus</i>			
Sinikaisla	<i>S. tabernaemontani</i>			
Merihaura	<i>Zannichellia palustris</i>			
Sanikkaiset				
Näkinpartaislevät				
	<i>Chara aspera</i>	-	+	+
	<i>C. tomentosa</i>	-	+	+
	<i>Tolypella nidifica</i>	-	+/-	+/-
Viherlevät				
ahdinparta	<i>Cladophora glomerata</i>	+	-	+
	<i>C. rupestris</i>	+/-	-	-
suolilevä	<i>Enteromorpha intestinalis</i>	+	-	+
	<i>E. ahlneriana</i>	+	-	+
Kultalevät				
	<i>Vaucheria sp.</i>	+	+	+
Ruskolevät				
jouhilevä	<i>Chorda filum</i>	-	-	+/-
rakkolevä	<i>Fucus vesiculosus</i>	-	-	+
	<i>Ectocarpus siliculosus</i>	+	-	+
	<i>Pilayella littoralis</i>	+	-	+
Punalevät				
	<i>Ceramium tenuicorne</i>	-	-	+/-
	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	-	-	+/-
	<i>Polysiphonia violaceae</i>	-	-	+

+ = hyötyvät, - = kärsivät, +/- = eivät reagoi lainkaan

* = hyötyvät tai kärsivät hiukan kohonneista ravinnepitoisuuksista, sedimentaatiosta tai suojasta

Pienet luikat ja ilmaversoiset kaislat, jotka taulukon mukaan hyötyvät lisääntyneestä suojasta, olivat tutkimusalueelta hävinneet melkein kokonaan. Syytä tähän ovat todennäköisesti alueen ruovikot, jotka runsaan kymmenen vuoden aikana ovat voimakkaasti tihentyneet.

Näkinpartaislevistä *Chara aspera* ja ruskolevista jouhilevä ja rakkolevä kärsivät taulukon mukaan veden kohonneista ravinnepitoisuuksista. Strömsundetin pohjoisosan (kalanviljelylaitoksen ympärillä) kartoituksen tulokset osoittavat kuitenkin lajien pärjäävän hyvin myöskin täällä. Tiepenkereen tuoma lisäsuoja on tässä tapauksessa ollut ratkaisevampi tekijä kuin veden ravinnepitoisuudet. Erityisesti rakkolevä hyötty lisääntyneestä suojasta, jonka myötä yksilöt kasvavat suuremmiksi kuin aikaisemmin (Wallentinus 1979).

Käsitykset jouhilevän reaktiosta veden kohonneisiin ravinnepitoisuuksiin menevät kuitenkin hieman ristiin niin kuin myös *Chara asperan*. Viimeksi mainittu on kuitenkin osoittanut pärjäävänsä alueilla, joissa veden ravinnepitoisuudet ovat korkeammat (Wallentinus 1979).



Kuva 19. Jouhilevä (*Chorda filum*) esiintyi alueella runsaana kalanviljelylaitoksen ympärillä.

Vidat ovat tutkimusalueella reagoineet tien aiheuttamiin muutoksiin suurin piirtein taulukon mukaisesti. Ainoa poikkeus on merivita, joka on penkereiden suojaamilla alueilla kokonaan uusi laji. Merivita kärsii taulukon mukaan lisääntyneestä sedimentaatiosta, mutta tutkimusalueen tulokset osoittavat, että laji ei kärsi pienestä sedimentaatiosta jos vain alueen suojaisuus on tyydyttävä.

Ruovikot ovat alueella yleisesti tihentyneet. Versopituudet vaihtelevat kuitenkin paljon, riippuen mm. ravinnon saannista, ruovikon iästä ja veden syvyydestä. Backassundetissa Sankanörarnan saariryhmän ympärillä ovat ruovi-

kot alueen tiheimmät. Vedensyvyys on erittäin pieni (noin 90 cm enimmä-
lään) ja kilpailu ravinnosta kova. Versot ovat ainakin osittain tämän takia
suhteellisen lyhyet. Versot kasvavat hyvin jos vesi peittää noin $\frac{1}{2}$ tai $\frac{3}{4}$ ver-
son pituudesta. Ravinnonsaanti rajoittaa kuitenkin version pituutta, ja sitä
myötä kuinka syvässä vedessä versot esiintyvät (Björndahl & Egnéus 1980).

Nuoressa ruovikossa ovat versot yleensä lyhyet. Tämä oli havaittavissa
Bredvikenin uloimmassa osassa, jossa versot olivat muihin versoihin verrat-
tuna lyhyemmät. Sama ilmiö on todettu muilla alueilla (Aulio 1979).

Versot ovat kuitenkin yleisesti alueella pidemmät nyt verrattuna vuoden
1982 tuloksiin. Tämä tarkoittaisi mahdollisesti sitä, että vaikka ruovikot ovat
alueella yleisesti tiheimmät, on ravinnonsaanti vielä tyydyttävä eikä kasvua
ole sitä myötä rajoitettu.

Backassundetissa ovat ruovikot myös osittain kärsineet alueella tehdyistä
ruoppauksista ja ruovikon leikkaamisesta, etenkin VähäPELLINGIN tiheästi
asuttujen rantojen edustalla.

Kovempien pohjien tulokset osoittavat rakkolevän lisääntyneen yleisesti osa-
alueella A. Suomenlahden rakkoleväesiintymisessä tapahtui 1970-luvulla
voimakas taantuminen. Taantuminen Pellingin saariston rakkoleväesiintymi-
sessä tapahtui kuitenkin lähinnä ulkosaaristossa, eikä sisäsaariston rakkole-
väesiintymisessä ollut tapahtunut muutosta (Kangas et al. 1982).

Johtopäätökset perustuvat edellämainitussa artikkelissa ainoastaan alueella
tehtyihin näköobservaatioihin, joten voisihan se olla mahdollista, että rakko-
levävyöhykkeessä olisi 1970-luvulla tapahtunut pientä taantumista. Onhan
tutkimusalue A, ja erityisesti alueen länsiosa, suhteellisen avointa aluetta.
Tässä kartoituksessa käytetty menetelmä on suhteellisen tarkka, jolloin
myös pienetkin muutokset rakkolevän esiintymisessä ovat havaittavissa.
Edellinen kartoitus suoritettiin 1982, jolloin rakkolevävyöhykkeet eivät var-
masti olleet ehtineet palautua ennalleen. Tämä voisi olla selitys siihen, että
rakkolevää esiintyi vuoden 1994 tuloksissa hiukan runsaammin. Rakkolevä-
vyöhyke on kuitenkin vain tiheimpi, eikä rakkolevän maksimisyyvydessä ole
tapahtunut parannusta aikaisempaan kartoitukseen verrattuna.

Osa-alue B:n rakkolevävyöhykkeet ovat kuitenkin hiukan heikentyneet. Seli-
tykset tähän voivat olla monet, mutta todennäköisesti kalanviljelylaitoksen
ilmestyminen paikalle on ainakin osittain syynä tähän. Punalevät esiintyivät
niukasti koko tutkimusalueella. Tämä lienee ollut seuraus sisäisen saaristo-
alueen vesien alhaisista suolapitoisuuksista ja suhteellisen sameasta vedes-
tä.

Merihaura on voimakkaasti lisääntynyt osa-alue A:n lounaisosassa ja alue
B:n pohjoisosassa. Tämä voi ainakin osittain johtua Strömsundetin kalanvil-
jelylaitoksesta peräisin olevasta ravinnerikkaasta vedestä, joka lounaistuuli-
en mukana kulkeutuu alueelle. Kalanviljelylaitoksen vaikutus alueen vesikas-
villisuuteen näkyi myös suolilevän voimakkaana lisääntymisenä.



Kuva 20. Viherlevä *Enteromorpha ahlneriana*, joka hyötyy veden kohonneista ravinnepitoisuuksista, esiintyi runsaana kalanviljelylaitoksen ympärillä.

8.2. Tien vaikutus alueen vesikasvillisuuteen

Alueen luonnollinen avoimuus on ratkaiseva tekijä siltojen ja tiepenkereitten aiheuttamien muutosten suhteen. Tullsundetissa, jossa salmi luonnollisesti on leveä ja alue suhteellisen avoin, on sillan vaikutus pieni. Suurimmat muutokset olivat sillan itäpuolella sameat vedet ja leveämpi ruovikko penkereen vieressä, etenkin Sundön rannan edustalla, jossa sillan ja rannan välinen kulma on 90. Rakkolevän ja muun vesikasvillisuuden päällyskasvusto on lisääntynyt siltapenkereen aiheuttaman lisäsuojan myötä. Päällyskasvustoa ei yleensä näin voimakkaasti virtaavassa salmessa esiinny. Huomattavaa vesikasvillisuuden päällyskasvustoa havaittiin tutkimusalueella ainoastaan kalanviljelylaitoksen ja siltojen välittömässä läheisyydessä.

Alueen avoimuus Tullсандetin salmen molemmin puolin takaa kuitenkin vedenvaihdunnan jatkuvan tyydyttävänä. Sillan vaikutusalue ylettyy suurin piirtein linjan 7 kohtaan, jossa pienen lahden voimakas umpeenkasvu osittain johtuu sillan tuomasta lisäsuojasta.

Lillgetörsundetissa olivat muutokset vesikasvillisuuteen nähden selkeämmät. Tiepenkereen pieni rumpu ei riitä turvaamaan salmen vedenvaihtoa, ja tuloksena on ollut sameat vedet ja voimakkaat ruovikot myös penkereen länsipuolella. Penkereen vaikutusalue on kuitenkin itäpuolella suurempi. Ruovikot olivat täällä, etenkin Tullсандetin rannoilla, paljon leveämmät.



Kuva 21. Lillgetörsundetin pengertien rumpu on liian pieni turvatakseen veden läpivirtauksen salmessa.

Lillgetörsundetin kasvillisuus oli kesällä 1994 huomattavasti monimuotoisempi verrattuna kesään 1982. Tiepenkereen tuoma lisäsuoja ja sitä myötä lisääntynyt sedimentaatio, on luonut monille putkilokasveille paremmat kasvumahdollisuudet. Kovan pohjan kasvillisuus muuttuu lisääntyneen sedimentaation myötä niin, että levät vähenevät ja putkilokasvit runsastuvat. Tällainen sekapohjainen kasvillisuus on useimmiten lajimäärältään suuri. Sekapohjaiset rannat ovat kuitenkin usein vain välivaihe, jonka jälkeen rannat muuttuvat pehmeäpohjaisiksi. Lillgetörsundetin monimuotoisempi lajikanta ei siis ole positiivinen muutos. Rantojen umpeenkasvu penkereen molemmin puolin on suora seuraus penkereen aiheuttamasta lisäsuojasta.

Voimistuneet ruovikot penkereen ympärillä indikoi rantojen nopeaa umpeenkasvua penkereen tuoman lisäsuojan myötä. Lillgetörsundetin ympärillä oleva alue on kuitenkin avoin, ja tämä pienentää penkereen vaikutusaluetta.

Muutokset eivät ole vesikasvillisuudessa olleet yhtä dramaattiset kuin jos pengeri olisi kokonaan estänyt veden vaihtumisen jollain osa-alueella (Aulio 1992).

Tien vaikutus on alueella ollut suurin Backassundetin luonnostaan suojaisessa salmessa. Sillan vaikutusalue koostuu sillan itäpuoleisesta ja Sankanörarna saariryhmän välisestä suhteellisen laajasta alueesta. Ruovikot ovat täällä huomattavasti voimistuneet. Esimerkiksi Vähäpellingin rannan edustalla oli ruokojen määrä neliömetriä kohti melkein kaksinkertaistunut näiden runsaan kymmenen vuoden aikana, ja biomassa lisääntynyt 600 grammasta 3500 grammaan neliömetriä kohti! Ruovikot olivat täällä myös huomattavasti leveämmät.

Salmen länsiosassa on sillan vaikutusalue pienempi. Salmi avautuu Björkholmenin selkään päin, joten alue on luonnostaan avoimempi. Täällä ovat kuitenkin levät ja putkilokasvit hyötäneet siltapenkereen tuomasta lisäsuojasta ja esiintyivät nyt huomattavasti syvemmissä vedessä kuin aikaisemmin.

Alue Strömsundetin ympärillä on suhteellisen avoin ja vesi virtaa salmessa voimakkaasti. Tämä rajoittaa jonkun verran tien vaikutusta, joka muuten olisi alueella huomattavasti suurempi. Tien suurimmat vaikutukset olivat nähtävissä penkereen eteläpuolella, jossa ruovikot Vähäpellingin puolella olivat voimistuneet.



Kuva 22. Strömsundetin pohjoisrannat ovat osittain täytetty kivistä, jotka ovat peräisin tien rakentamisen yhteydessä tehdyistä kallion räjäytyksistä.

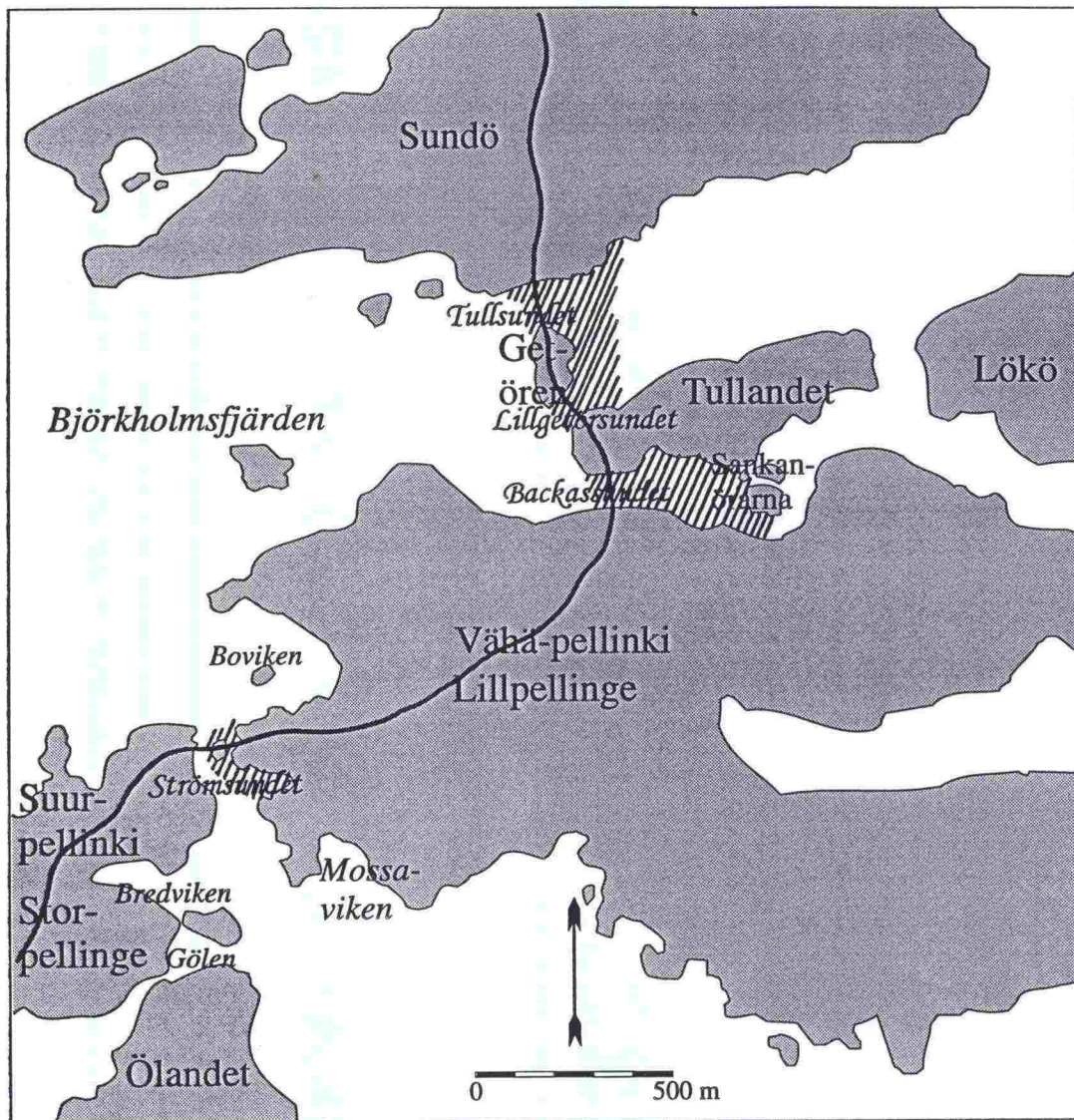
Strömsundetin pohjoisosassa oli kasvillisuus muuttunut tiepenkereen tuoman lisäsuojan myötä. Uudet lajit olivat ilmestyneet penkereen lähetyville ja rakkolevän päälyskasvusto oli voimistunut. Hiukkasmaisen aineksen sedimentaatio oli myös penkereen lähetyvillä lisääntynyt. Sameat vedet heijastuivat alueella rakkolevävyöhykkeen alarajan siirtymisenä ylöspäin.

Tien vaikutukset alueen vesikasvillisuuteen rajoittuvat (Backassundetia lukuunottamatta) siltojen ehdottomaan läheisyyteen. Ruovikot olivat siltapenkereitten suojassa tihentyneet, mutta koska alueen kaikki ruovikot olivat jonkin verran tiheimmät, ei muutosta pelkästään voida pitää tien aiheuttamana. Sen sijaan ovat ruovikoiden leveydessä tapahtuneet muutokset suora seuraus penkereiden aiheuttamasta lisäsuojasta. Ruovikot olivat leveämmät ainoastaan siltojen vaikutusalueella.

Siltapenkereen tuoma lisäsuoja heijastui myös uusien kasvilajien ilmestymisenä. Erityisesti Strömsundetin pohjoisosassa, jossa vedenvirtaukset luonnostaan ovat erittäin voimakkaat, on penkereen tuoma lisäsuoja ja lisääntynyt sedimentaatio suosinut pienille hentojuurisille putkilokasveille paremmat kasvumahdollisuudet. Tämä ilmeni myös diversiteettianalyyseissä, jonka tulokset osoittivat lajikannan Strömsundetin pohjoisosassa monimuotoistuneen.

Myös Lillgetörsundetissa oli lajikanta monimuotoisempi, joskin tilanne epäilemättä voi olla ylimenevä. Monimuotoinen kasvillisuus on usein ylimenevä vaihe, jonka myötä kasvillisuus yhä enemmän muistuttaa umpeenkasvavien rantojen tyypillistä pehmeän pohjan kasvillisuutta. Lillgetörsundetissa olivat ruovikot erityisesti VähäPELLINGIN puolella aika lailla voimistuneet.

Backassundetin silta-aukko olisi ehdottomasti pitänyt olla suurempi. Vedenvaihtuvuus, erityisesti Sankanörarna saariryhmän länsipuolella, on kokonaan riippuvainen sillan alta virtaavasta vedestä. Kesällä 1994 olivat rannat sillan itäpuolella tiheän ruovikon peittämät, ja melkein kaikki kovan pohjan lajikkeet olivat hävinneet. Umpeenkasvu ei tosin ainoastaan ole sillan aiheuttama ilmiö, myös luonnollinen umpeenkasvu on suojaisen salmen pienissä lahdis-
sa ja poukamissa nopea. Salmen itäosassa tapahtuva umpeenkasvu on luonnollinen ilmiö eikä ole mainittavasti nopeutunut sillan takia (kartta 4).



Kartta 4. Siltojen ja tiepenkereitten vaikutusalueet

Tulokset osoittavat seuraavaa: Avoimien rantojen vesikasvillisuus hyötyy hiukan lisääntyneestä suojusta. Uudet lajit, jotka eivät heikompien juurien takia ole aikaisemmin pystyneet juurtumaan ja kasvamaan, ilmestyvät paikalle. Täten lajikanta monimuotoistuu, samalla kuin lajit jakaantuvat keskenään tasaisemmin. Tämä oli nähtävissä Tullundsundetin, Lillgetörsundetin ja pohjoispuoleisen Strömsundetin salmissa.

Pehmeäpohjaiset rannat sen sijaan kärsivät lisääntyneestä suojusta. Kasvilajien määrä vähenee ja kasvillisuutta dominoi usein voimakkaat ruovikot. Pehmeäpohjaisten rantojen luonnollinen umpeenkasvu on tien myötä nopeutunut. Tämä oli nähtävissä Backassundetissa sekä Strömsundetin tiepenkereen suojaamissa umpeenkasvavissa lahdissa.

Tämän kasvillisuuskartoituksen ja vuoden 1982 kasvillisuuskartoituksen perusteella ovat tierakentaminen saaristoalueella osoittanut seuraavat vaikutukset vesiympäristöön:

1. Veden mukana kulkeutuva hiukkasmainen aines kerääntyy silta- ja tiepenkereitten lähetyville. Sedimentoituvaa ainesta kerääntyy enemmän jos rannan ja siltapenkereen välinen kulma on 90, kuin jos siltapenger on rakennettu saaren kärjestä.
2. Näkösyvyys pienenee salmissa, jossa tiepenger estää läpivirtauksen miltei kokonaan. Hiukkasmaisen aineksen kerääntyminen on nopea ja vedet sameat. Kasvillisuusvyöhyke reagoi muutoksiin siten, että sen ulkoraja siirtyy matalampaan veteen, jossa valon saanti on turvattu.
3. Avoimien alueiden vesikasvillisuus hyötyy jossain määrin sillan tuomasta lisäsuojasta. Voimakkaat virrat vähenevät, joten putkilokasvien ja levien on helpompi kiinnittyä. Lajien määrä kasvaa lisääntyneen suojan myötä ja kasvillisuus peittää laajemmat alueet kuin aikaisemmin.
4. Rakkolevän ja putkilokasvien päällyskasvusto, joka lähinnä koostuu yksivuotisista rihmälevistä, runsastuu lisääntyneen suojan myötä. Vesikasvillisuuden päällyskasvusto oli voimakasta paitsi kalanviljelylaitoksen lähetyvillä, ainoastaan siltojen vaikutusalueella.
5. Luonnostaan suojainen alue kärsii eniten sillan aiheuttamasta lisäsuojasta, jonka myötä vedenvaihtuvuus heikentyy ennestään. Lajien määrä pienenee, ruovikot tihenevät ja peittävät laajemmat alueet kuin aikaisemmin. Muu vesikasvillisuus, joka ei pysty kilpailemaan kasvupaikoista ja ravinnosta tihenevän ruovikon kanssa, siirtyy joko ulospäin syvemmille vesille tai häviää kokonaan.
6. Pehmeän pohjan lajit, kuten esim. hapsivita ja tähkä-ärviä, runsastuvat lisääntyneen suojaisuuden ja sedimentaation myötä. Kovan pohjan lajit, kuten esim. rakkolevä, häviää kokonaan tai esiintyy alueella ainoastaan irtokelluvina mattoina.
7. Sedimentoituvan aineksen määrä lisääntyy suojaisten alueiden tiheissä ruovikoissa. Pohjat muuttuvat tätä myötä runsaassa kymmenessä vuodessa soran ja liejun peittämistä sekapohjista paksun 20-30 cm liejukerroksen peittämiin pohjiin.

8.3. Huomioon otettavat tekijät saaristoteiden suunnittelussa

Siltojen ja tiepenkereitten suunnittelussa pitäisi alueen yleiset olosuhteet ottaa huomioon. Alueen avoimuus sekä veden virtaukset tienrakennuksen ympärillä ovat tärkeämpiä asioita. Sillan aiheuttamat vaikutukset vesiympäristöön ovat huomattavasti pienemmät jos alue on avoin ja vedenvaihtuvuus

toimii tyydyttävästi, kuin jos jokin osa-alue (esim. merenlahti) jää sillan taakse ja on kokonaan riippuvainen sillan alta virtaavasta vedestä. Tämä tarkoittaa sitä, että vedenvaihtuvuus voi olla tyydyttävä yleisesti avoimella alueella vaikka salmen läpimitta kapeneekin sillan myötä, kun taas sama silta suojaisella alueella voimakkaasti heikentää vedenvaihtuvuutta. Esimerkkinä voidaan pitää Backassundetin salmea, jossa vedenvaihtuvuus Sankanörarnan saariryhmän länsipuolella on kokonaan riippuvainen lännestä, sillan alta virtaavasta vedestä. Täällä silta-aukko olisi pitänyt tehdä mahdollisimman suureksi, jotta vedenvaihtuvuus olisi pysynyt mahdollisimman hyvänä. Vaikutukset vesiympäristöön ovat pienemmät jos alue on avoin sillan molemmin puolin niin kuin esimerkiksi Strömsundetissa.

Tiepenkereitten rakentamista pitäisi välttää jos suinkin mahdollista. Pieni rumpu ei tyydyttävästi hoida vedenvaihtuvuutta vaikka alue tiepenkereen molemmin puolin onkin avoin ja rannat kasvavat lisääntyneen sedimentaation myötä paikallisesti umpeen. Tämä oli selkeästi nähtävissä Tullsundetin ja Lillgetörsundetin salmien ympäröivien rantojen vertailussa, jossa alue salmien ympärillä on suunnilleen yhtä avoin. Tullsundetissa oli ruovikko silta-penkereen suojassa hiukan leveämpi verrattuna vuoteen 1982, kun taas ruovikot Lillgetörsundetin tiepenkereen ympärillä olivat huomattavasti leveämmät ja tiheimmät. Tiesuunnittelussa jossa tiepenger on ainoa vaihtoehto, pitäisi aukkoja olla enemmän kuin yksi ja niiden läpimitta mahdollisimman laaja jotta vedenvaihtuvuus salmessa pysyisi mahdollisimman hyvänä.

Vesiemme yleinen rehevöityminen lisää heikentyneen vedenvaihdunnan vaikutuksia. Perustuotanto ja sedimentoituvan orgaanisen aineksen määrä lisääntyy seisovan ravinnerikkaan veden myötä. Ravinnerikkaasta vedestä hyöttyy myös päällyskasvusto, jolloin muun monivuotisen kasvillisuuden (erityisesti rakkolevän) edellytykset heikentyvät.

Alueen avoimuuden, vallitsevien vedenvirtauksien, vesikasvillisuuden, pohjan laadun sekä pohjaeläimistön tutkiminen ovat tärkeämpiä tekijöitä, joitten pitäisi sisältyä jokaisissa saaristoalueen tiensuunnittelua edeltävissä ympäristöselvityksissä. Näiden selvitysten tulokset antavat tärkeää tietoa jota tarvitaan siltojen ja tiepenkereitten suunnittelussa niin, että tiehankkeiden toteuttaminen aiheuttaisi mahdollisimman vähän ympäristöhaittoja.

Kirjallisuus

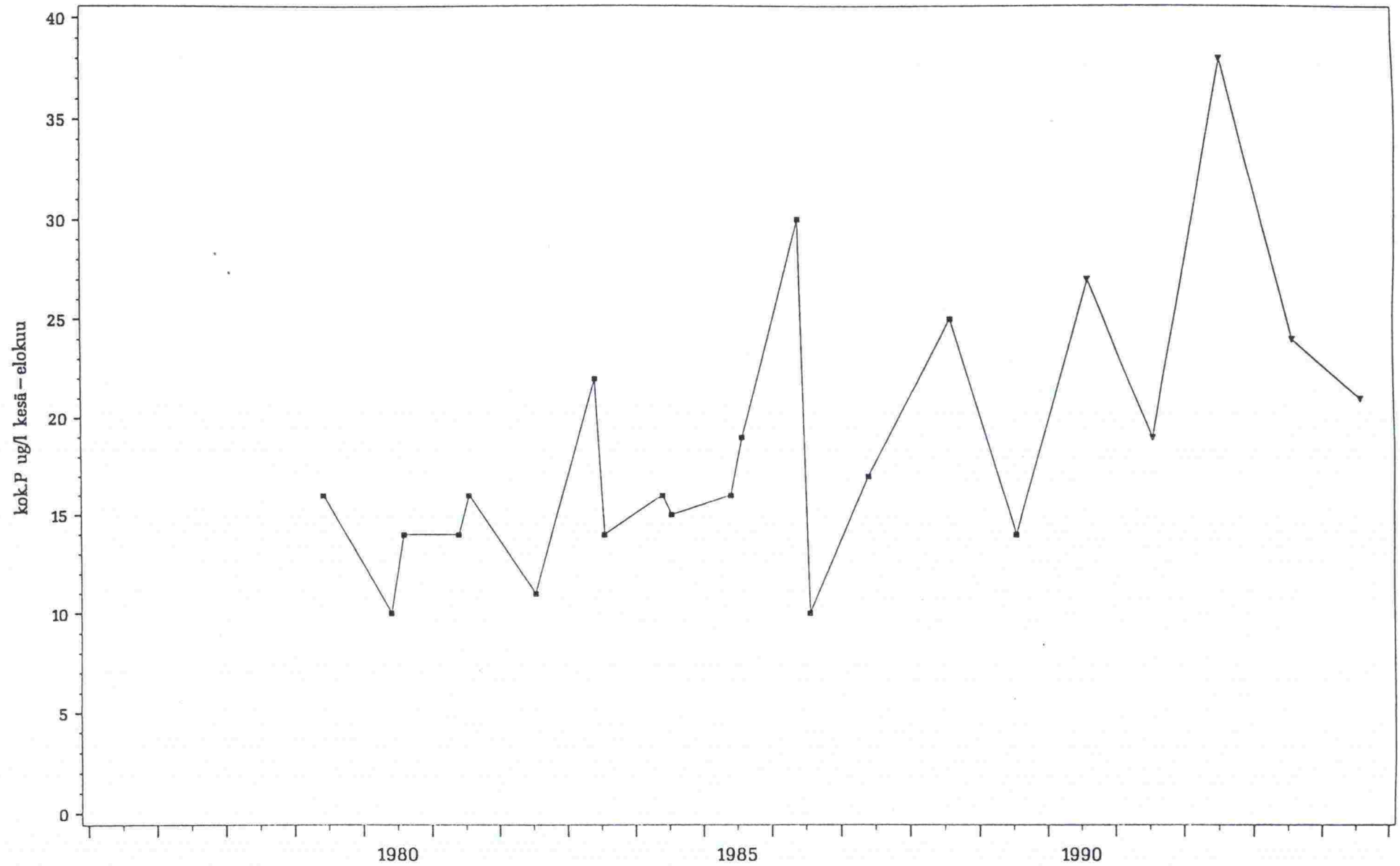
- Aulio A., 1992: Vesistöpenkereiden ympäristövaikutusten arviointi 2.
- Tielaitos. Turun tiepiiri. 27 sivua.
- Aulio K., 1979: Mataloitumisen vaikutus kasvillisuuteen Kokemäenjoen
suistoalueella. - Turun yliopiston maantiet. lait. julk. no 90: s. 1-30.
- Aulio K., Aulio H. & Lampolahti J., 1989: Esitutkimus Lampaluodon -
Ahlaisten paikallistien ympäristövaikutuksista. - Porin ymp. suoj.
lautak. julkaisu 2/89: s. 42-66.
- Bonsdorff E., Karlsson O. & Leppäkoski E., 1984: Ecological changes in
the brackish water environment of the finnish west coast caused
by engineering works. - Ophelia, Suppl. 3: s. 33-44.
- Björndahl G. & Egnéus H., 1980: Vassens ekologi och fysiologi. Litteratur-
studie för bestämning av vass som energiråvara.
- Naturvårdsverkets rapport SNV PM 1321 / NE 3.
- Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri: Vedenlaaturekisteri. Vesistöalue 91.30.
Vuodet 1971-1994.
- Henriksson M. & Myllyvirta T., 1992: Det östnyländska skärgårdssområdets
bioindikatorundersökning 1991. - Föreningen vatten- och luftvård
för Östra Nyland och Borgå å r.f.
- Hill M. & Gauch H. Jr., 1980: Detrended Correspondence Analysis: An
improved ordination technique. - Vegetatio vol. 42: s. 47-58.
- Haahtela I., 1987: Östersjön och dess organismer. Åbo landskapsmuseum.
Utställningskatalog 11: s. 54-63.
- Hällfors G., Viitasalo I. & Niemi Å., 1987: Macrophyte vegetation and
trophic status of the Gulf of Finland - a review of Finnish
investigations. - Meri 13: s. 111-158.
- Hällfors G. & Niemi Å., 1989: Den marina vattenvegetationen vid
Gloholmen. - Nordenskjöld-samfundets tidskrift 48: s. 3-21.
- Kala- ja Vesitutkimus: Vattendragsskontrollen för fiskodlings-
anläggningarna i Pelling och Pernå havsområde 1993.
- Kala- ja Vesitutkimus: Vattendragsskontrollen för fiskodlings-
anläggningarna i Pelling och Pernå havsområde 1994.
- Kalliola R., 1973: Suomen kasvimaantiede. WSOY. 308 s.
- Kangas P., Autio H., Hällfors G., Luther H., Niemi Å. & Salemaa H., 1982:
A general model of the decline of *Fucus vesiculosus* at Tvärminne,
south coast of Finland in 1977-81. - Acta Bot. Fennica 118: s. 1-27.
- Kautsky H., 1993: Östersjöns grunda växt- och djursamhällen. Nordiska
ministerrådets skärgårdssamarbete. Fartygstrafikens miljökonsekv.
rapport 1993:5.
- Kurimo U., 1975: Vesikasvit kerovat vesien tilasta. - Suomen Luonto 5:
s. 268-273.
- Kärkkäinen A., 1994: Vesikasvit kertovat meren tilasta. - Suomen Luonto
6-7: s. 54-56.
- Lampolahti J., 1991: Jokivesien sekoittuminen murtoveteen Porin rannikolla
- vesikasvilajiston tarkastelu ja vesistörakentamisen vaikutusten
ennakointi. - Luonnontutkija 95: s. 11-14.
- Leppäkoski E., Nygård B. & Westerberg J., 1977: Människans mekaniska
inverkan på skärgårdsmiljön - hydrobiologiska och socioökono-
miska effekter. - Husö biol. stat. meddel. nr 19:s. 57-111.
- Lid J., 1985: Norsk - Svensk - Finsk Flora. Det Norske Samlaget.

- Lithén H.-O., 1985: Östersjömussla (*Macoma baltica* L.) som makrobentisk indikatorart på mekaniska miljöförändringar i skärgården - en vägbanksundersökning i Vasa skärgård. Pro gradu avhandl. i biologi, ekologisk linje vid Åbo Akademi.
- Lindholm T., 1991: Från havsvik till insjö. Miljöförlaget.
- Meteorologiska institutet: Månadsöversikter över Finlands klimat 1993-1994.
- Munsterhjelm R., 1987: Skärgårdens flador och glon. - Tidskr. Skärgård nr 1: s. 10-17.
- Nielsen R., Kristiansen A., Mathiesen L. & Mathiesen H., 1995: Distributional index of the benthic macroalgae of the Baltic Sea area. - Acta Botanica Fennica 155: s.1-51.
- Pitkänen H., Kangas P., Sarkkula J., Lepistö L., Hällfors G. & Kauppila P., 1990: Veden laatu ja rehevyys itäisellä Suomenlahdella. - Vesi- ja ymp. hall. julk. Sarja A. No. 50.
- Puustinen J., 1990: Typen merkitys rannikkovesien rehevöitymisessä. - Vesi- ja ymp. hall. julk. Sarja A. No 58.
- Rönnerberg O., 1986: Vegetationsklädda bottnar - viktiga produktionsområden i våra skärgårdsvatten. - Tidskr. Skärgård no. 3: s. 43-49.
- Salemaa H. & Kangas P., 1984: Itämeren litoraaliyhteisö meriympäristön tilan ilmentäjänä. - Luonnon Tutkija 88: s. 96-99.
- Shannon C. E. & Weaver W., 1963: The mathematical theory of communication. - University of Illinois Press. 117 s.
- Toivonen H., 1984: Makrofyyttien käyttökelpoisuus vesien tilan seurannassa. - Luonnon Tutkija 88: s. 92-95.
- Toivonen H., Kemppainen E. & Seppälä K., 1982: Vesikasvillisuuden kartoitus Tirmo-Pellinki paikallistien (Porvoon mlk) siltojen ja tiepenkereitten vaikutusalueella. Loppuraportti I-II.
- Uotila P., 1979: Vesien putkilokasvit. - Helsingin yliopiston laitoksen monisteita no. 55.
- Wallentinus I., 1979: Environmental influences on the benthic vegetation in the Trosa-Askö area, northern Baltic proper. II. The ecology of macroalgae and submersed phanerogams. - University of Stockholm. Inst. of Botany and Askö laboratory. No. 25.
- Wallentinus I., 1983: Vegetationsklädda bottnar i Östersjön. - Delrapport till "Eutrofiering i marin miljö". Statens Naturvårdsverk. 56 s.
- Vesi- ja ympäristöhallitus - Hydrologian tsto: Hydrologinen kuukausitiedote 1993 - 1994.
- Westerberg J., 1975: The influence of embankments on the primary production of phytoplankton in the archipelago of Föglö, Åland. - Merentutkimuslait. Julk. No. 239: s. 78-82.
- Westerberg J., 1976: Vägbankarnas inverkan på några ekologiska variabler i den åländska skärgården. - Husö biol. stat. meddel. 18: s. 47-78.
- Westerberg J., Backman C., Blomqvist B., Leppäkoski E. & Lithén H.-O., 1980: Vägbankarnas och skärgårdens vattenmiljö. - Husö biol. stat. meddel. nr 22: s. 5-32.
- Voipio A., 1981: The Baltic Sea. - Elsevier Oceanographics Series, Amsterdam. 418 sivua.

Asema: HEVY-15 PORVOO 55 Koord.: 667537-342444 Syv.: 1 m - 1 m

■ ■ ■ PTOT_N ▼ ▼ ▼ PTOT_NS

(Muiden kuin vesä- ja ympäristöviranomaisten tulokset on merkitty avoimin symbolein.)

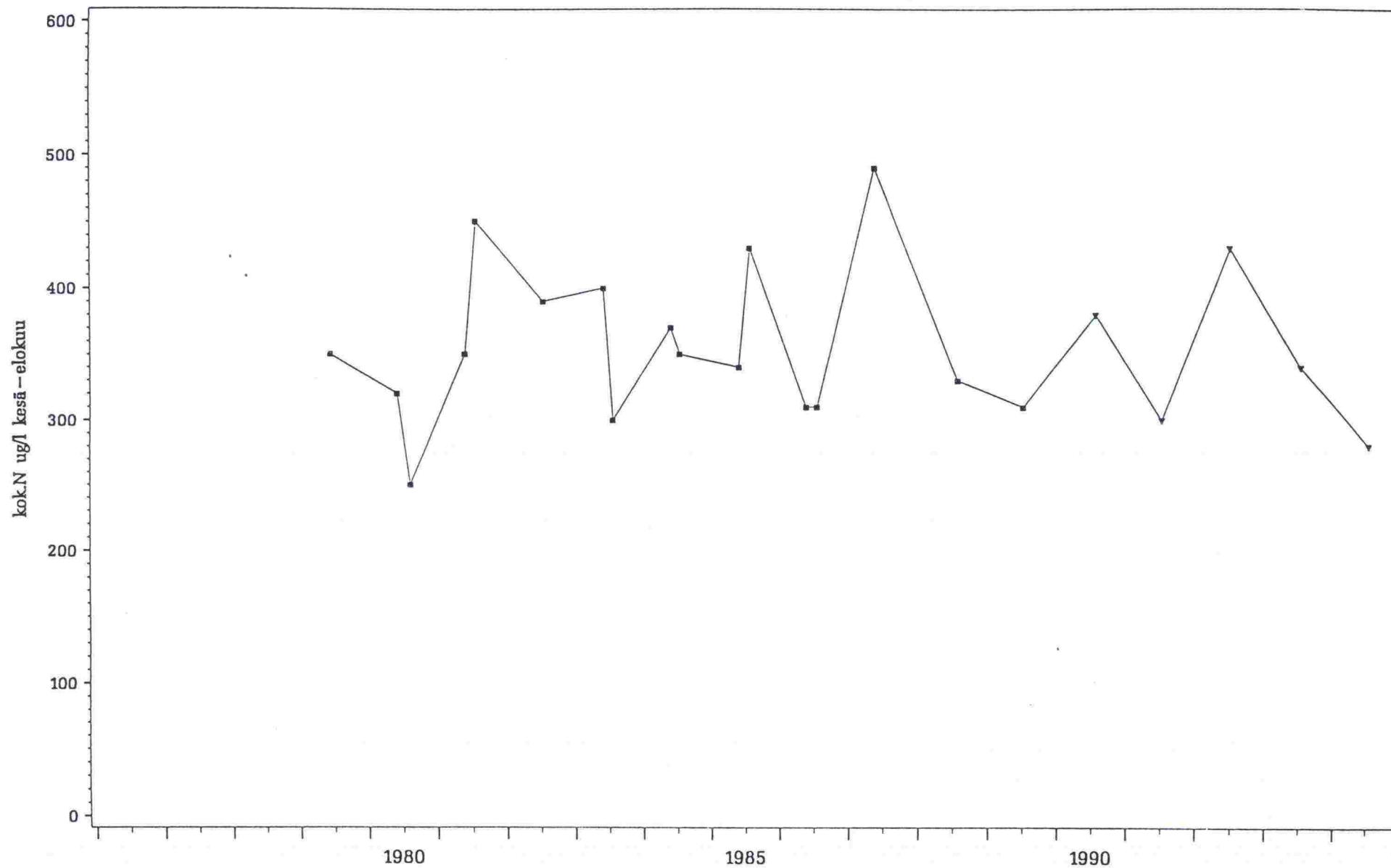


Asema: HEVY-15 PORVOO 55 Koord.: 667537-342444 Syv.: 1 m - 1 m

■ ■ ■ NTOT_N ▼ ▼ ▼ NTOT_NCA

(Muiden kuin vesi- ja ympäristöviranomaisien tulokset on merkitty avoimin symbolein.)

LIITE 2



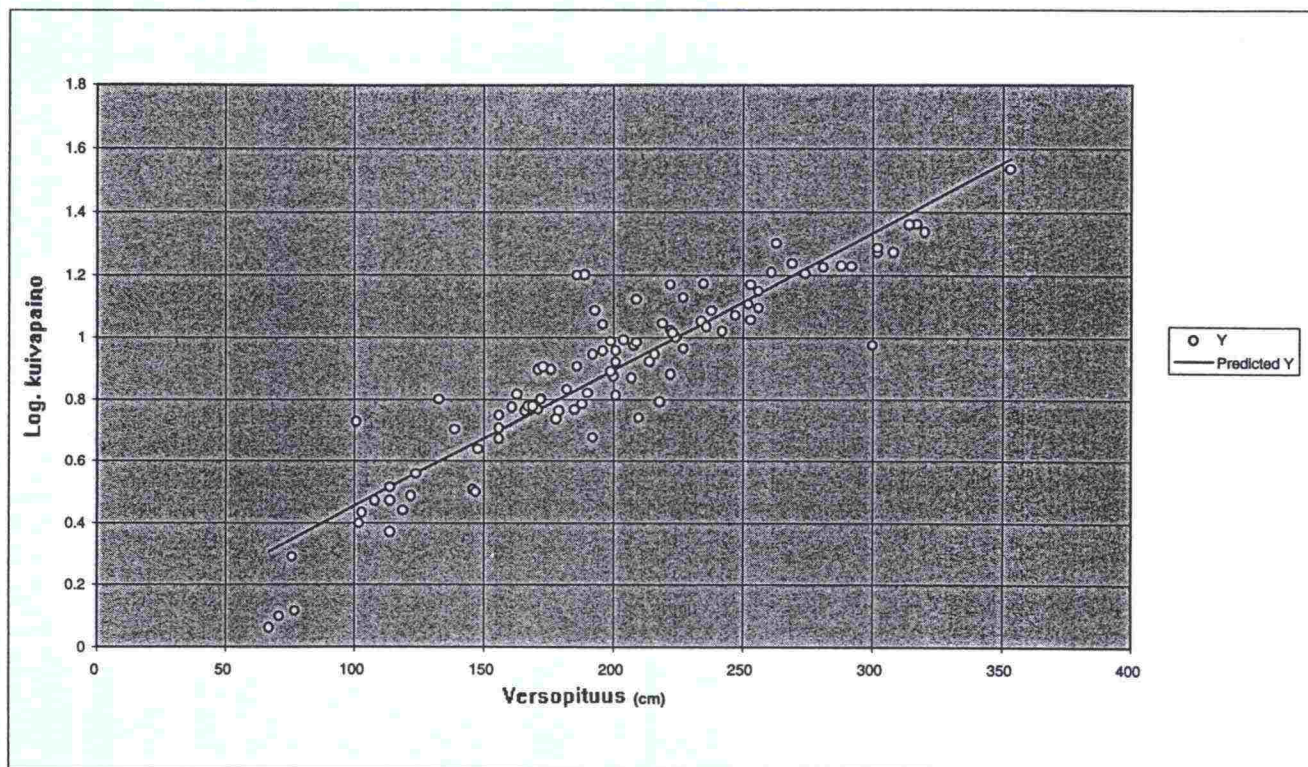
LIITE 3

	1	3	5	6	7	9	13	14	16	17	18	19	20	22	23	24	25	26	27	28	29	33	37	38	39	40	42	44	46	47	48	49	50	51	54	55	56	58	60	
Ahvenvita	<	-1	=	>	=	<	=	1		-1	>		1	<<	-1	=	=		1	<	1		=	>	<	=	-1	1	<	1	1	=	<	<	-1		1	>		
Hapsiluikka																																								
Hapsivita	-1	<	-1	<<	<	=				<	1	=	-1	<	<<	1	1	1	-1		=		1	<<	<	<	1	1	<	1		=	-1	<	-1		-1	=	1	
Järviruoko	<	<<	<	<<	<<	<<	<<	<		<<	<	<<	<<	<<	<<	<<	<	<		<<	<<	=	<	<	<<	<	<<		<<			<<	<<	<<				<<	<<	
Karvalehti														1										1					1											
Merihapsikka									1																															
Merihaura		-1	1	<					<<	1									=	<	>>	-1					1		1	1				1		<				
Merikaisla																												1				-1						-1		
Merisätkin	<		=	-1									-1														>		=	=		-1		-1		<				
Merivita			=	-1					1										1	1							1		1	1						1				
Pikkuluikka		>						-1			-1		-1																											
Ristilimaska																				-1				1	1															
Sinikaisla		<<																										=				-1								
Tähkä-ärivä						1								1	<								1	=				>					1	=						
Chara aspera	<	-1	=	1		1														-1	1									1										
C. tomentosa						<																						<												
Chara sp.				-1																																				
Tolypella nid.	-1																	-1		-1	-1																			
Ceramium ten.				-1				1						-1	-1			-1		1		-1				-1		1		1	-1				=	=	=	1		
Chorda filum	-1	>	>	=	=	=	=	<		=	>>	=	>	-1	=	<		<	-1	=	<	=	<	=	-1	-1	>	-1	<	1	>	>	>	>	-1	<	=	<	<	
Cladoph. glom.	<<	>	=	>	=	1	<	>>		>>	=	>	<	-1	<<	>	<	>>	>	>	>>	<	<	<	>	>	>	>	>	>	<	<	=	>	>	>>	<<	>	<	
C. rupestris																																								
Ect.sil./Pil.lit.	<	>	<	<	=	1		1		1	=	1	1	<	<	<	<<	1	>	1	<<	-1	1	<	=	>	1	<	<	<	=	<	=	>	>	=	>	>	-1	
Enterom. int.	1		=	1						1	1	=	1					<	1	<	1	1			1	1		1	1	1		1	1	<	1	1		1		
E. ahlneriana		<				=					-1																													
Enterom. sp.									1										<<												1			1			<<			
Fucus vesic.	<	<	<	<	<<	<	>	=		=	>	>	>>	1	>>	>>	<<	>	=	>	<<	>		<	>	>	>	=	<	>	>	>	<	>	>	<	>	>	>	
Polysiph. viol.				1				1												1																		-1		
Stict./Dict.	=			-1						1	1								>>	1	-1				1		1	1		1	-1	1		-1	>>	-1	-1	>		
Vaucheria sp.				1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	=	-1	1	1	1	1			1	1	1	1			1	1	
Vesisammal						1									1																									
Merkkien selitykset: 1: uusi laji, <<: voimakkaasti lisääntynyt laji, <: lisääntynyt laji, =: lajin esiintyminen muuttumaton verr. vuoteen 1982, >: vähentynyt laji, >>: voimakkaasti vähentynyt laji, -1: laji ei esiintynyt vuoden 1994 kartoituksessa																																								

Järviruo'on (Phragmites australis) tilastot vuosilta 1982 ja 1994

Linja	Vuosi	Pohjan laatu	Linjan pituus (m)	Ruovikon leveys (m)	Suurin kasvu- syvyys (m)	Tiheys, versot/m ² x + s	min. - maks	Versopituus (cm) x + s	maks.	Verson kuiva- paino, x + s	Biomassa gramma/m ²
7	1982	lieju	50	40	178	64 + 46,5	16 - 128	226 + 73	310	12,9 + 6,8	87
7	1994	- " -	65	55	180	143 + 29,8	92 - 188	182 + 63,7	346	7,8 + 5,7	1112
37	1982	lieju, kivi	90	80	86	222 + 67	148 - 332	142 + 47,5	249	4,9 + 3,3	1088
37	1994	lieju	95	92,5	92	286 + 26,8	120 - 416	219 + 37,4	295	14,2 + 6,0	4040
38	1982	lieju, kivi	65	45	121	91 + 39,5	64 - 176	170 + 45,0	297	6,9 + 4,2	628
38	1994	lieju	100	67,5	200	175 + 17,3	72 - 236	245 + 65,5	330	20,2 + 10,4	3528
46	1982	lieju	122	107,5	209	48 + 18,5	28 - 84	181 + 98,5	370	9,8 + 10,0	468
46	1994	lieju, kivi	150	102,5	195	167 + 37,9	32 - 496	238 + 63,8	350	19,0 + 11,4	3168
51	1982	lieju	52,5	35	165	64 + 46,5	4 - 136	176 + 52,5	272	7,6 + 7,3	483
51	1994	lieju, hiekka	50	37,5	171	129 + 23,8	52 - 364	217 + 44,9	312	14,2 + 7,2	1837
58	1982	lieju	85	65	182	78 + 29,5	52 - 124	202 + 41,5	274	9,0 + 3,6	702
58	1994	lieju, hiekka	70	52,5	220	281 + 14,0	216 - 364	131 + 35,1	211	4,3 + 2,4	1208

Vuosi 1982



Vuosi 1992

